

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Ludwig-Maximilians-
Universität München

Direktor: Prof. Dr. Reinhard Hickel

**Autogene Zahntransplantation als Einzelzahnersatz – Eine retrospektive Studie
zur klinischen und röntgenologischen Erfolgsrate**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Johannes Volker Kreutzer

aus

Haag in Oberbayern

2013

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. med. dent. K. C. Huth
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. med. dent. G. Kaeppler
Dekan:	Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR
Tag der mündlichen Prüfung:	19. November 2013

Saskia

Inhalt

1	Einleitung	8
1.1	Begriffsbestimmung zum Thema Zahntransplantation.....	8
1.2	Geschichtlicher Hintergrund.....	9
1.3	Mögliche Gründe für Zahnverlust.....	10
1.3.1	Zahnkaries	10
1.3.2	Parodontalerkrankungen.....	12
1.3.3	Sonstige Gründe	12
1.4	Die autogene Zahntransplantation.....	13
1.4.1	Vorteile gegenüber anderen Methoden zum Einzelzahnersatz.....	13
1.4.2	Zeitpunkt einer Transplantation	16
1.4.3	Region der Spenderzähne	17
1.4.4	Allgemeinmedizinische Kontraindikationen.....	17
1.5	Operative Vorgehensweise.....	17
1.5.1	Gewinnung des Transplantates	18
1.5.2	Vorbereitung des Transplantatbetts und Transplantation	18
1.5.3	Fallbeispiel.....	20
1.6	Parodontale Aspekte bei der Transplantation.....	25
2	Fragestellung	27
3	Material und Methode	28
3.1	Studiendesign	28
3.1.1	Einschlusskriterien:.....	28
3.1.2	Ausschlusskriterien	28
3.1.3	Abbruchkriterien.....	29
3.1.4	Studienort und -zeitraum.....	29

3.2	Nachuntersuchungsparameter.....	29
3.2.1	Klinische Erfolgsparameter	30
3.2.2	Klinische Einflussparameter.....	31
3.2.3	Röntgenologische Erfolgsparameter.....	36
3.2.4	Röntgenologische Einflussparameter	37
3.2.5	Endodontischer Therapiebedarf.....	41
3.2.6	Patientenzufriedenheit	42
3.3	Dokumentationsablauf	43
3.4	Statistische Auswertung der Daten.....	43
4	Ergebnisse	44
4.1	Anzahl der Studienteilnehmer und Patientencharakteristika.....	44
4.2	Beobachtungszeitraum	44
4.3	Reproduzierbarkeit der Ergebnisse	45
4.4	Ursachen für die Zahntransplantation	45
4.5	Erfolgs- und Misserfolgsrate	48
4.6	Einfluss relevanter klinischer und röntgenologischer Parameter auf die Erfolgsrate	53
4.6.1	Mundhygiene	53
4.6.2	Rauchen	54
4.6.3	Parodontaler-Screening-Index.....	54
4.6.4	Approximalkontakte	54
4.6.5	Statische Okklusion	54
4.6.6	Horizontale Position	55
4.6.7	Obliteration des Wurzelkanalsystems.....	55
4.6.8	Zahnalter.....	55
4.6.9	Geschlecht.....	57

4.6.10	Entnahme- und Empfängerregion	57
4.6.11	Wurzelanatomie der Spenderzähne	60
4.7	Zusätzliche Erhebungen	60
4.7.1	Wurzellänge und Wurzellängenzuwachs	60
4.7.2	Knochenlevel	60
4.7.3	Wurzelresorption.....	61
4.7.4	Endodontischer Therapiebedarf.....	63
4.8	Patientenzufriedenheit	65
5	Diskussion.....	67
5.1	Interpretation der Studienergebnisse und aktuelle Studienlage.....	67
5.1.1	Erfolgs- und Überlebensrate	67
5.1.2	Einflüsse auf die Erfolgsrate	70
5.1.3	Endodontischer Therapiebedarf.....	73
5.1.4	Patientenzufriedenheit	75
5.1.5	Ersatzresorption.....	75
6	Zusammenfassung	77
7	Literaturverzeichnis.....	79
8	Anhang	90
8.1	Synopse der Untersuchungsparameter	90
8.1.1	Klinische Erfolgsparameter	90
8.1.2	Klinische Einflussparameter.....	91
8.1.3	Röntgenologische Erfolgsparameter.....	94
8.1.4	Röntgenologische Einflussparameter	95
8.2	Patienteninformation und Einverständniserklärung.....	96
8.2.1	Patienteninformation für erwachsene Studienteilnehmer.....	96
8.2.2	Patienteninformation für minderjährige Studienteilnehmer	99

8.3	Klinischer Untersuchungsbogen	101
8.4	Röntgenologischer Untersuchungsbogen	104
8.5	Fragebogen zur Patientenzufriedenheit.....	107
8.6	Eidesstattliche Versicherung.....	109
9	Abbildungsverzeichnis.....	110
10	Tabellenverzeichnis.....	113
11	Danksagungen	114

1 Einleitung

1.1 Begriffsbestimmung zum Thema Zahntransplantation

Der Begriff der *autogenen* Transplantation bezeichnet grundsätzlich die Übertragung von körpereigenem Gewebe von einer Stelle des Körpers an eine andere. In der Zahnheilkunde bezeichnet die autogene Transplantation die Transposition retinierter, impaktierter oder regelhaft durchgebrochener Zähne mit vitaler oder devitaler Pulpa in Extraktionsalveolen oder operativ präparierte Neoalveolen [Tsukiboshi, 1993].

Abgesehen von der autogenen Transplantation werden in der Transplantationsmedizin unter immunologischen Gesichtspunkten und in Abhängigkeit von Transplantationsort und Entnahmeregion verschiedene Formen der Transplantation unterschieden [Schultze-Mosgau und Neukam, 2002; Eskici, 2003]: Die *allogene* Transplantation bezeichnet das Verpflanzen von Gewebe auf ein genetisch unterschiedliches Individuum derselben Art. Die *isogene* Transplantation bezeichnet die Transplantation zwischen genetisch identischen Individuen und bei der *xenogenen* Transplantation entstammen Spender und Empfänger verschiedenen Spezies.

Heutzutage ist nur noch die *autogene* Transplantation ein fester Bestandteil der Zahnmedizin [Lang *et al.*, 2003]. Entsprechend des Vitalitätszustands von Desmodont und Pulpa werden drei Formen der autogenen Zahntransplantation unterschieden [Kirschner *et al.*, 2002]: Bei der *autoplastischen* Transplantation werden Zähne transplantiert, deren Wurzelwachstum noch nicht abgeschlossen ist, d.h. dass das Foramen apicale mehr als 1,3 Millimeter geöffnet ist. Hier sind Erhaltung der Vitalität von Pulpa und Desmodont, eine Reinnervation sowie Revaskularisation möglich.

Die *auto-alloplastische* Transplantation bezeichnet die Transplantation wurzelreifer Zähne, bei denen eine Vitalerhaltung des Desmodonts, nicht aber des Endodonts möglich ist.

Bei der *alloplastischen* Transplantation werden pulpa- und desmodonttote Zähne transplantiert.

1.2 Geschichtlicher Hintergrund

Die Geschichte der Zahntransplantation reicht viele Jahrhunderte zurück in die Vergangenheit [Nordenram, 1963]. Zahntransplantationen wurden bereits im alten Ägypten, später bei den Etruskern, den Griechen und den Römern durchgeführt [Fleming, 1959].

Die erste Publikation zum Thema Zahntransplantation erschien dem heutigen Kenntnisstand nach 1594 in dem Werk „Opera Chirurgica“, verfasst von dem Pariser Bader Ambroise Paré, der unter anderem für vier französische Könige chirurgisch tätig war [Paré, 1594]. Er beschreibt, wie einer Prinzessin ein Zahn entfernt wurde und dieser sofort durch einen Zahn einer ihrer Kammermädchen ersetzt wurde [Fong, 1953].

Nach Paré beschrieben zahlreiche andere Autoren in frühen medizinischen Publikationen die Zahntransplantation [Fauchard, 1728; Hunter, 1771; Gardette, 1827; Mitscherlich, 1864; Magitot, 1865; Younger, 1886; Widman, 1918 u.a.]. Pierre Fauchard beispielsweise berichtete in seinem Werk „Le Chirurgien Dentiste“ von einer Zahntransplantation, bei der er einem französischen Offizier einen kariös zerstörten Eckzahn entfernte und diesen durch einen Eckzahn eines untergebenen Soldaten ersetzte. Der Zahn soll sechs Jahre im Mund des Patienten überlebt haben.

Die *allogene* Transplantation wurde in früheren Jahrhunderten praktiziert, spielt aber aus immunologischer und vor allem ethischer Sicht heutzutage keine Rolle mehr [Peer, 1955].

Zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts begann dann das Interesse an der *autogenen* Zahntransplantation allmählich zu wachsen. Der schwedische Oralchirurg Leonard Widman war einer der ersten, der eine Arbeit veröffentlichte, die sich mit der *autogenen* Zahntransplantation beschäftigte [Nordenram, 1963]. Er transplantierte retinierte Oberkiefer-Eckzähne, um sie in die korrekte Position im Zahnbogen einzuordnen. Widmans klinische Tätigkeit wird als Pionierarbeit auf dem Gebiet der autogenen Zahntransplantation angesehen.

Ein anderes häufiges Problem stellte auch schon damals der Verlust des ersten Molaren bei Jugendlichen trotz konservierender und endodontischer Maßnahmen dar [Hale, 1956]. H. Apfel und H. Miller, zwei amerikanische Forscher, begannen daher

Ende der vierziger Jahre unabhängig voneinander mit der autogenen Transplantation dritter Molaren an die Stelle verloren gegangener erster Molaren [Nordenram, 1963].

1.3 Mögliche Gründe für Zahnverlust

Die autogene Zahntransplantation bietet die Möglichkeit, einzelne im Zahnbogen verloren gegangene Zähne zu ersetzen. Die häufigsten Gründe für Zahnverlust in Deutschland sind Karies und Parodontitis. Diese sollen im Folgenden genauer betrachtet werden. Die Verlustzahlen werden für verschiedene Altersgruppen beschrieben, wobei deutlich wird, dass die autogene Zahntransplantation überwiegend für junge Patienten, die kariesbedingt einen Zahn verloren haben, als prothetisches Konzept diskutierbar ist.

1.3.1 Zahnkaries

Bei der kariesepidemiologischen Untersuchung von 1383 Kindern im Alter von 12 Jahren im Rahmen der Vierten Deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS IV) waren aus kariologischen Gründen extrahierte bleibende Zähne sehr selten [Micheelis und Schiffner, 2006]: Bei 13 der 12-jährigen Kinder waren kariesbedingt bleibende Zähne extrahiert worden (<1%). In dieser Altersgruppe nimmt die autogene Zahntransplantation daher noch keinen großen Stellenwert ein. Beispielsweise kann im Wechselgebiss die Transplantation eines Milcheckzahnes in den Frontzahnbereich eine Behandlungsoption bieten [Nolte *et al.*, 2011].

Die nächst höhere Altersgruppe bildeten Jugendliche im Alter von 15 Jahren. Die Zahl der kariesbedingt extrahierten Zähne war immer noch gering, aber dennoch erhöht im Vergleich zu den 12-jährigen: Bei 42 von 1283 Jugendlichen (3,3%) waren insgesamt 64 Zähne extrahiert worden [Micheelis und Schiffner, 2006]. Zahntransplantationen von Prämolaren in den Frontzahnbereich oder die Transplantation von dritten Molaren kann folglich in Abhängigkeit vom dentalen Alter erwogen werden. Die Möglichkeit Zähne mit offenem Foramen apicale zu transplantieren bietet auch in den nächsten Lebensjahren besonders gute Erfolgsaussichten [Andreasen, 2009].

In der nächst höheren Altersgruppe wurden 925 Erwachsene im Alter von 35 bis 44 Jahren zahnärztlich untersucht. Durchschnittlich hatte dabei jeder Erwachsene 2,4 wegen Karies extrahierte Zähne [Micheelis und Schiffner, 2006]. Die Verteilung wurde in der DMS IV genauer bezüglich der Herkunft der erwachsenen

Studienteilnehmer aus alten und neuen Bundesländern, des Geschlechts und des sozialen Status beschrieben. Dabei waren bei ostdeutschen Erwachsenen mit einem Wert von 3,1 hochsignifikant mehr extrahierte Zähne als bei westdeutschen Untersuchten zu registrieren (2,2 Zähne). Männern fehlten im Durchschnitt 2,7 und Frauen 2,8 Zähne. Der Unterschied ist gering und erschien statistisch nicht aussagefähig. Hingegen hat der Sozialstatus einen deutlicheren Einfluss als das Geschlecht. Angehörigen mit hohem Sozialstatus fehlten im Durchschnitt nur 1,5 Zähne, bei niedrigem Sozialstatus durchschnittlich 4,0 Zähne. Typisch für diese Altersgruppe war, dass die fehlenden Zähne vor allem im Oberkiefer und dort im Seitenzahnbereich lokalisiert waren, aber auch der Frontzahnbereich war gelegentlich angegriffen. Besonders betroffen im Seitenzahnbereich waren die 6-Jahresmolaren. Im Unterkiefer bot sich ein ähnliches Bild. In dieser Altersgruppe kann folglich die Transplantation von Zähnen mit geschlossenem Apex in Betracht gezogen werden.

Bei Senioren im Alter von 65 bis 74 Jahre wurden 1040 Patienten untersucht. Durchschnittlich hatte jeder Senior 14,1 fehlende Zähne [Micheelis und Schiffner, 2006]. In der DMS IV wird die genauere Verteilung wie folgt beschrieben: Bei ostdeutschen Senioren sind signifikant mehr Zähne (15,6) als bei westdeutschen Senioren (13,7) extrahiert worden. Bezüglich des Bildungs- und Sozialstatus nimmt die Anzahl fehlender Zähne mit steigender Schulbildung erheblich ab, so dass Senioren mit hohem Sozialstatus annähernd nur halb so viele wegen Karies fehlende Zähne aufweisen, wie Senioren mit niedrigem Sozialstatus. Typisch in dieser Altersgruppe war das frontale Restgebiss. Hier fehlten im Oberkiefer bereits rund 40 – 48% der Zähne. Nach distal ansteigend war das Restgebiss stärker reduziert: Von den ersten Prämolaren fehlten bereits 60%, von den zweiten Molaren fehlten bereits über 60% des Sollbestandes. Im Unterkiefer bot sich ein ähnliches Muster, allerdings bei niedrigerer Verlustrate. Im Frontzahnbereich lag diese bei rund 30 – 35% Reduktion, die Prämolarengruppe war auf 50% reduziert, die Molaren erreichten mit 60 – 70% Verlustanteil ein ähnlich hohes Niveau wie im Oberkiefer. Die autogene Zahntransplantation kann im Einzelfall angewendet werden, wenn entsprechende Spenderzähne noch verfügbar sind und Einzelzahnersatz notwendig ist. Die Regel ist jedoch, wie oben beschrieben, ein umfangreicheres Lückengebiss das durch andere prothetische Maßnahmen versorgt werden muss.

1.3.2 Parodontalerkrankungen

Parodontalerkrankungen stellen in Deutschland zwar einen der häufigsten Gründe für Zahnverlust dar, in parodontal erkrankten Gebissen aber spielt die autogene Zahntransplantation zum Einzelzahnersatz nur eine untergeordnete Rolle. Im Rahmen der DMS IV - Studie wurde das Auftreten von Parodontalerkrankungen in verschiedenen Altersgruppen untersucht und folgendermaßen beschrieben: Parodontalerkrankungen traten bei Kindern (12 Jahre) sehr selten auf und wurden aufgrund dieser geringen Prävalenz nicht umfassend untersucht [Micheelis und Schiffner 2006]. Parodontaler Attachmentverlust wurde zwar in der jugendlichen Population bereits angetroffen, nahm jedoch nur einen geringen Umfang ein und war für die Altersgruppe der 12-Jährigen untypisch. In der Altersgruppe der 15-Jährigen waren bereits erste Attachmentverluste der am Zahn anliegenden Weichgewebe klinisch nachweisbar. Es dominierte zwar eine hohe Gingivitisfrequenz, allerdings traten bereits erste Anzeichen erhöhter Sondierungstiefen auf. Bei den 35- bis 44-Jährigen trat ein mittlerer Attachmentverlust von 4,8 mm auf und bei den Senioren (65 bis 74 Jahre) durchschnittlich 6,6 mm [Micheelis und Schiffner, 2006].

Ab einem Alter von etwa 40 Jahren übersteigt die Zahl der Extraktionen aufgrund von Parodontalerkrankungen die der rein kariös bedingten Extraktionen. Parodontale Erkrankungen waren mit einem Anteil von 27,3% häufigste Ursache für Extraktionen in Deutschland [Reich und Hiller, 1993].

Im parodontal geschädigten Gebiss hat die autogene Zahntransplantation in der Regel geringen Stellenwert.

1.3.3 Sonstige Gründe

Außer aus kariologischen Gründen wird die Indikation zur autogenen Zahntransplantation auch aus kieferorthopädischen (verlagerte oder retinierte Zähne, Nichtanlagen), endodontischen (Zustand nach erfolgloser Wurzelkanalbehandlung) und traumatologischen Gründen gestellt [Filippi, 2008].

Zahntraumata treten häufig bei Kindern und jungen Erwachsenen auf [DiAngelis *et al.*, 2012]. Frakturen der Krone und Luxationen stellen dabei den größten Teil der Zahnverletzungen dar. Im Durchschnitt haben 25% aller Schulkinder und 33% aller Erwachsenen Zahntraumata erfahren, wobei die Mehrheit der Unfälle vor dem

neunzehnten Lebensjahr auftritt. Führt das Trauma zum Zahnverlust besteht in der autogenen Zahntransplantation eine Behandlungsoption [Glendor, 2008].

Zahnentfernungen nach erfolgloser endodontischer Therapie sind ein häufiger Grund für Einzelzahnلücken im Zahnbogen, die durch autogene Zahntransplantation geschlossen werden können. Die Angaben zu den Erfolgsraten endodontischer Behandlungen differieren von Studie zu Studie je nach Ausgangsindikation. Eine retrospektive Studie mit einem Beobachtungszeitraum von 10 Jahren postoperativ und 1175 endodontisch behandelten Zähnen zeigte eine Verlustrate durch Extraktion von etwa 7% (82 Zähne) [Fonzar *et al.*, 2009], das heißt eine mittlere Überlebensrate von 93%. Eine weitere Studie betrachtet nicht nur das reine Überleben endodontisch behandelter Zähne, sondern macht die Misserfolgsrate abhängig von Erfolgskriterien wie klinischer und radiologischer Symptombefreiheit und Vorliegen einer nicht revidierten Wurzelfüllung. So fand sich bei 251 beobachteten Zähnen eine Misserfolgsrate von 44% nach einem mittleren Beobachtungszeitraum von 74 Monaten [Cheung, 2002].

Verlagerte und retinierte bleibende Zähne, bei denen konventionelle kieferorthopädische Verfahren nicht zur Einordnung in den Zahnbogen führen, können auch durch autogene Transplantation eingeordnet werden. Beispielsweise sind Oberkiefer Eckzähne von Retention und Verlagerung häufig betroffen, bei etwa 2% der Gesamtbevölkerung wird diese Problematik angetroffen [Bedoya und Park, 2009]. Zweite Prämolaren haben nach 3. Molaren und lateralen Inzisiven die häufigste Inzidenz unter den nicht angelegten Zähnen [Jha und Jha, 2012]. Hier kann die Transplantation von Milchzähnen oder bleibenden Zähnen eine Behandlungsalternative darstellen [Nolte *et al.*, 2011].

1.4 Die autogene Zahntransplantation

1.4.1 Vorteile gegenüber anderen Methoden zum Einzelzahnersatz

Autogene Zahntransplantate sind bei Einzelzahnلücken eine mögliche Alternative zu anderen heute üblichen Versorgungsmethoden [Kristerson und Lagerström, 1991]. Prothetische Restaurationen wie beispielsweise Brücken oder implantatgetragene Kronen können bei Vorhandensein geeigneter Spenderzähne ersetzt werden.

Die Überlebensraten von transplantierten Zähnen sind denen von Brücken ähnlich. Eine Studie mit 222 adhäsiv befestigten Brücken zeigte bei einem mittleren

Beobachtungszeitraum von 41 Monaten eine Überlebensrate von 84,1% [Howard-Bowles *et al.*, 2011]. Bei der Metaanalyse von 17 Studien mit insgesamt 1374 adhäsiv zementierten Brücken im Rahmen eines systematischen Reviews ergab sich eine 5-Jahres-Überlebensrate der Brücken von 87,7% [Pjetursson *et al.*, 2008].

Ähnlich dazu ergab sich in einem systematischen Review von 98 Studien mit insgesamt 6064 nachuntersuchten Zähnen bei autogenen Zahntransplantaten eine 5-Jahres-Überlebensrate von 85,9% [Nolte *et al.*, 2006]. Einzelne aktuelle Studien geben neben Überlebensraten der Zahntransplantate auch die womöglich relevantere Erfolgsrate zu definierten Erfolgskriterien an. Gonnissen und Mitarbeiter fanden in einer retrospektiven Studie mit einem mittleren Beobachtungszeitraum von 11 Jahren und 73 Transplantaten neben einer Überlebensrate von 75,3% eine Erfolgsrate von 57,5% [Gonnissen *et al.*, 2010]. Czochrowska und Mitarbeiter fanden bei einer mittleren Beobachtungsdauer von 26,4 Jahren und 30 transplantierten Zähnen eine Überlebensrate von 90% und eine Erfolgsrate von 79% [Czochrowska *et al.*, 2002]. In einer vergleichenden Langzeitstudie zum Ersatz von durch Trauma verloren gegangenen Frontzähnen konnte gezeigt werden, dass nach einer Beobachtungszeit von 33 Jahren die Prämolarentransplantation der Implantation und prothetischen Brückenversorgung bei einer mittleren Überlebensrate von 90% sogar überlegen war [Andreasen *et al.*, 2009]. In Tabelle 1 sind wichtige Studien seit 2000 zusammengetragen, die Überlebensraten oder Erfolgsraten von Zahntransplantaten angeben.

Autor, Jahr	n Zähne	Retrospektiv/ Prospektiv	Beobachtungs-zeitraum [Jahre]	Stand Wurzel-entwicklung	Überlebens-rate [%]	Erfolgs-rate [%]
Yoshino <i>et al.</i> , 2012	183	retrospektiv	5 10 15	Vollständig	86,0 59,1 28,0	-
Mendoza-Mendoza <i>et al.</i> , 2012	12	retrospektiv	14	Vollständig/ Unvollständig	-	80
Yoshino <i>et al.</i> , 2012	614	retrospektiv	5 10 15	Vollständig/ Unvollständig	90,1 70,5 55,6	-
Marques-Ferreira <i>et al.</i> , 2011	28	prospektiv	5,6	Vollständig/ Unvollständig	-	98
Bae <i>et al.</i> , 2010	19	retrospektiv	-	Vollständig	-	84
Sugai <i>et al.</i> , 2010	117	prospektiv	1 5	Vollständig	-	96 84
Gonnissen <i>et al.</i> , 2010	73	retrospektiv	11	Vollständig/ Unvollständig	75,3	57,5

Kvint <i>et al.</i> , 2010	269	retrospektiv	4,8	Vollständig/ Unvollständig	-	81
Andreasen <i>et al.</i> , 2009						
Reich, 2008	44	retrospektiv	1,6	Vollständig/ Unvollständig	-	93,3
Bauss <i>et al.</i> , 2008	64	prospektiv	-	Unvollständig	-	-
Kallu <i>et al.</i> , 2005	273	retrospektiv	3,8	Vollständig/ Unvollständig	-	Für einzelne Erfolgspa- rameter angegeb- en
Kim <i>et al.</i> , 2005	182	retrospektiv	2-60 Monate	Vollständig/ Unvollständig	-	95,5
Akkocao- glu u. Kasaboglu, 2005	96	retrospektiv	10	Vollständig/ Unvollständig	86	-
Bauss <i>et al.</i> , 2004	85	prospektiv	-	Unvollständig	Frische Extraktions- alveole (94%) Neoalveole (94%), Freie Knochen Autotrans- plantate (84%), Split Osteotomie (63%)	-
Sobhi <i>et al.</i> , 2003	50	retrospektiv	0,5	Vollständig	88	-
Bauss <i>et al.</i> , 2002	76	prospektiv	3,4	Unvollständig	-	92,9 (Naht) 73,5 (Draht- schiene)
Czoch- rowska <i>et al.</i> , 2002	30	retrospektiv	26,4	Unvollständig	90	79

Tabelle 1: Aktuelle Literatur zum Thema Zahntransplantation

Betrachtet man einen systematischen Review zur Überlebensrate enossaler Implantate basierend auf der Metaanalyse von 46 Studien, so liegt die Überlebensrate der Implantate nach 5 Jahren bei 97,2% und nach 10 Jahren immer noch bei 95,2% [E Jung *et al.*, 2012]. Ähnlich dazu findet sich in einer retrospektiven Studie zur Erfolgsrate von 510 enossalen Implantaten bei 198 Patienten eine Erfolgsrate von 97,3%. Erfolgskriterien waren unter anderem die Position des marginalen Knochens und geringe Taschensondierungstiefen [Krennmair *et al.*,

2010]. Dennoch rechtfertigt die Überlebensrate der Zahntransplantate von über 80 % die autogene Zahntransplantation als eine wertvolle therapeutische Alternative des Zahnersatzes [Nolte *et al.*, 2006]. Muss das knöcherne Wachstum für eine Implantatversorgung abgeschlossen sein, so ist es bei der Transplantation eines Zahnes von Vorteil, wenn die Transplantation im jugendlichen Alter stattfindet und das Wurzelwachstum noch nicht abgeschlossen ist. Das bedeutet, dass die autogene Zahntransplantation zum Einzelzahnersatz zur Verfügung steht, wenn die Implantation aufgrund nicht abgeschlossenen Knochenwachstums noch nicht indiziert ist.

Außerdem bietet ein autogenes Transplantat die Möglichkeit, eine echte Heilung eines Patienten im Sinne einer *Restitutio ad integrum* herbeizuführen, die bei keiner der anderen Behandlungsalternativen möglich ist [Filippi 2008]. Das Transplantat kann vor allem die biologischen Funktionen eines echten Zahnes auf der Grundlage eines gesunden Parodonts mit intakter Gingiva, parodontalem Ligament, Wurzelzement und Alveolarknochen im besten Fall erfüllen. Auch eine Revaskularisation und Reinnervation der Pulpa mit Vitalerhaltung des Zahnes ist unter Umständen möglich, wenn der Zahn zum Zeitpunkt der Transplantation sein Wurzelwachstum noch nicht abgeschlossen hat und das Foramen apicale weit geöffnet ist [Andreasen *et al.*, 2009].

1.4.2 Zeitpunkt einer Transplantation

Der Zeitpunkt für eine autogene Zahntransplantation richtet sich vor allem nach dem chronologischen und dentalen Alter des Patienten [Andreasen und Hjørting-Hansen, 1970; Heinrichvark und Neukam, 1987; Lang *et al.*, 2003]. Sollte die Transplantation eines Zahnkeims geplant sein, entscheidet das dentale Alter über den Zeitpunkt der Transplantation [Eskici, 2003]. Ist die Wurzelentwicklung des Zahnkeims bei der Transplantation noch nicht genügend vorangeschritten, besteht das große Risiko späterer Schmelzdefekte und einer verminderten Wurzelausbildung [Slagsvold und Bjercke, 1974; Slagsvold und Bjercke, 1978; Eskici 1987a-d].

Als idealer Zeitpunkt für die Transplantation wird eine zu 50 - 75 % entwickelte Wurzel angesehen und sollte heute grundsätzlich gewählt bzw. abgewartet werden [Andreasen, 1992]. Dieser Zeitpunkt hat sich für die Heilung von Pulpa und Parodont als prognostisch am günstigsten erwiesen [Henrichvark und Neukam, 1987]. Ferner gestaltet sich die Gewinnung des Transplantates bei jungen Patienten, weshalb die

Wahrscheinlichkeit von Verletzungen des Desmodonts und die damit einhergehende Gefahr von Wurzelresorptionen geringer ist.

1.4.3 Region der Spenderzähne

Weisheitszähne werden häufig zum Ersatz kariös zerstörter, nicht angelegter oder durch Trauma verloren gegangener Molaren oder Prämolaren eingesetzt [Pogrel, 1987; Pohl *et al.*, 2001]. Für junge Patienten im Wechselgebissalter eignet sich die Transplantation von Milchzähnen, sofern diese noch nicht resorbiert wurden, in den Frontzahnbereich um dort fehlende, bleibende Zähne zu ersetzen. Außerdem ist eine Transplantation von Prämolaren in den Frontzahnbereich zum Ersatz bleibender Zähne möglich. Prämolaren zeigen hohe Erfolgszahlen, wenn mehr als 50% der Wurzel entwickelt sind. Daher wird die Transplantation von Zahnkeimen oder Prämolaren mit weniger als 50% entwickelten Wurzeln nicht empfohlen, d.h. Patienten, die jünger als zehn Jahre sind, eignen sich in der Regel nicht für eine Transplantation von Prämolaren.

1.4.4 Allgemeinmedizinische Kontraindikationen

Bei jeder Zahntransplantation ist die allgemeinmedizinische Situation des Patienten zu berücksichtigen [Rahn, 1987; Andreasen *et al.*, 1990; Clokie *et al.*, 2001; Lang *et al.*, 2003]. Im Rahmen der allgemeinen Operationsrisiken gilt außer bei schwerwiegenden Allgemeinerkrankungen besondere Vorsicht bei Erkrankungen, die mit erhöhter Blutungsneigung oder höherem postoperativen Infektionsrisiko verbunden sind. Wichtig sind hier vor allem die Hämophilie sowie andere Störungen der Hämostase, schlecht eingestellter Diabetes mellitus und Erkrankungen mit hohem Endokarditisrisiko. Grundsätzlich ausgeschlossen ist eine Transplantation bei fortgeschrittener Parodontitis marginalis, temporär bei Entzündungen in Spender- und Empfängerregion, da hierbei eine Einheilung des Transplantates nicht zu erwarten ist. Außerdem sollte der Patient vor der Transplantation aus zahnärztlicher Sicht saniert sein.

1.5 Operative Vorgehensweise

Die präoperative Planung besteht bei der autogenen Zahntransplantation aus klinischer und radiologischer Analyse von Transplantatlager und Transplantatbett. Hierbei werden mögliche Spenderzähne ausgewählt sowie Platzverhältnisse und

Entwicklungsstadium des möglichen Transplantatzahnes evaluiert. [Andreasen *et al.*, 1990; Lang *et al.*, 2003].

Als Voraussetzung für eine erfolgreiche Therapie gelten die Mitarbeit des Patienten, der geeignete Zeitpunkt für die Transplantation, Auswahl eines in Größe und Form geeigneten Transplantates, günstige Kieferrelationsverhältnisse, ausreichende Platzverhältnisse des Transplantatlagers in allen Dimensionen sowie ein gutes Weichteilangebot [Northway, 1980; Keller und Sitzmann, 1987; Rahn, 1987; Neukam, 1988; Meng *et al.*, 1990; Clokie *et al.*, 2001; Schultze-Mosgau und Neukam, 2002; Eskici, 2003].

Sollte kein ausreichendes Platzangebot für das Transplantat vorhanden sein, muss eine Vorbehandlung in Form einer kieferorthopädischen Lückenöffnung diskutiert werden [Andreasen, 1993]. Wenn dies nicht möglich ist oder der Patient eine kieferorthopädische Behandlung ablehnt, kann alternativ die Approximalfläche des Transplantates bzw. der Nachbarzähne reduziert werden [Feldmann, 1985].

1.5.1 Gewinnung des Transplantates

Werden Zahnkeime oder retinierte Zähne zur Transplantation bestimmt, wird der Knochen über dem Transplantat abgetragen mit dem Ziel, den Follikel möglichst nicht zu schädigen [Andreasen *et al.*, 1990]. Nach vorsichtiger Mobilisierung kann das Transplantat gewebeschonend entnommen werden [Feldmann, 1985; Czochrowska *et al.*, 2002; Schultze-Mosgau und Neukam, 2002; Eskici, 2003]. Jede Berührung der Wurzeloberfläche sollte nach Transplantatentnahme unbedingt vermieden werden, um einer Ankylosierung durch punktuelle Zerstörung der Wurzelhaut vorzubeugen [Neukam *et al.*, 1987; Neukam *et al.*, 1988; Filippi, 2008].

Wird ein bereits durchgebrochener Zahn als Transplantat vorgesehen, erfolgt eine zirkuläre Inzision des zervikalen Parodonts, um auch hier das parodontale Ligament zu erhalten und eine schonende Entnahme des Transplantates zu ermöglichen [Andreasen, 1993; Holtje und Scheuer 1995, Nethander 1998, Clokie *et al.* 2001, Tsukiboshi 2002].

1.5.2 Vorbereitung des Transplantatbetts und Transplantation

Sollte vor der Transplantation noch eine Zahnentfernung in der Empfängerregion erfolgen, so ist apikales Entzündungsgewebe oder Fremdmaterial sorgfältig zu entfernen. Eine Aufklappung ist nach Möglichkeit zu vermeiden und die Alveolarwand

des Transplantatbetts sowie das Saumepithel sind zu erhalten [Filippi, 2008]. Das Transplantat wird vorsichtig in die Empfänger-alveole einprobiert. Sollten starke Kontakte zwischen Transplantat und Alveolarknochen auftreten und eine Korrektur der Alveole zur besseren Passung des Transplantates notwendig sein, geschieht dies mit chirurgischen Fräsen und Kühlung mittels steriler physiologischer Kochsalzlösung. Die Entfernung des interradi-kulären Knochenseptums ist nur soweit nötig bis eine optimale Passung des Transplantates erreicht wird. Die temporäre Aufbewahrung des Transplantates kann dazu unter anderem in steriler physiologischer Kochsalzlösung erfolgen [Andreasen *et al.*, 1990]. Für die extraorale Aufbewahrung werden auch Ringerlaktatlösung unter Zusatz eines Antibiotikums (100 ml Ringerlösung + 25000 IE Bacitran oder Neomycinsulfat) [Eskici, 2003] oder die Aufbewahrung in einer Zahnrettungsbox (Dentosafe®, Medice, Iserloh, Deutschland) [Kirschner *et al.*, 2002] empfohlen. Zusätzlich kann eine Lagerung über eine kurze Dauer von 5 Minuten in einer Tetrazyklinlösung erfolgen, was die Wahrscheinlichkeit einer Revaskularisation der Pulpa erhöhen soll [Yanpiset und Trope, 2000].

Muss in der Empfängerregion eine Neoalveole geschaffen werden, so sollte sie formkongruent zur Wurzel des Transplantates präpariert werden. Zwischen der Wand der Neoalveole und der Wurzeloberfläche des Transplantates sollten etwa 0,5 mm, zwischen Alveolenboden und Wurzelspitze etwa 2 bis 3 mm Platz geschaffen werden [Feldmann, 1985; Schultze-Mosgau und Neukam, 2002; Eskici, 2003]

Nachdem ein guter Sitz und eine passende Position erreicht sind, wird mobilisiertes Weichgewebe replaziert und mit Nähten eng am Transplantat anliegend fixiert. Die Transplantate werden in ihrer neuen Position durch Schienen gesichert, wobei sich Schienen empfehlen, die auch für traumatisierte Zähne genutzt werden. Diese werden mit Kompositen an jeweils einem Nachbarzahn rechts und links fixiert [Filippi, 2008]. Die Schienungsdauer beträgt je nach Ausgangssituation typischerweise 14 Tage [DiAngelis *et al.*, 2012].

1.5.3 Fallbeispiel

Die röntgenologische und klinische Ausgangssituation eines Fallbeispiels ist in den Abbildungen 1 und 2 wiedergegeben, wobei es sich um eine 21-jährige Patientin mit multiplen Nichtanlagen handelt. Unter anderem fehlte der Zahn 14, wobei die Lücke bereits kieferorthopädisch für die Transplantation geöffnet wurde. Das operative Vorgehen wird schrittweise in den Abbildungen 3 – 10 erläutert.



Abbildung 1: OPG, radiologische Ausgangssituation, Lücke regio 14



Abbildung 2: Klinischer Ausgangsbefund, Lücke regio 14

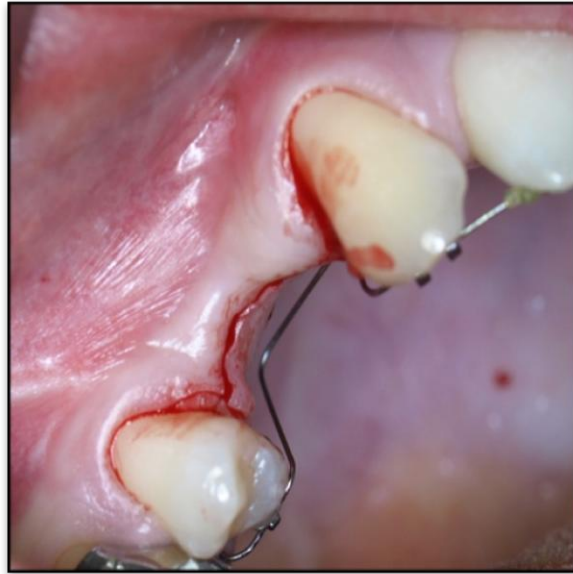


Abbildung 3: Marginale Schnitfführung

Das Knochenangebot war in der Empfängerregion 14 extrem gering, wie Abbildung 4 zeigt. Der Alveolarknochen war vertikal sowie horizontal stark atrophiert und hatte eine dachgiebelförmig spitze Form angenommen. Die Situation war für eine Implantation nicht geeignet, zwei vorausgegangene Knochenaugmentationen waren bereits gescheitert. Als Spenderzahn wurde der Prämolare 35 gewählt, der nach der Extraktion durch ein Sofortimplantat ersetzt wurde.



Abbildung 4: Mukoperiostlappen

Nach Lagerbildung (Abbildung 5) erfolgte die Entnahme des Transplantats in regio 35 (Abbildung 6). Zahn 35 wurde als Spenderzahn gewählt, da er sich in den Abmessungen seiner Krone am besten passend für die Lücke in regio 14 zeigte.

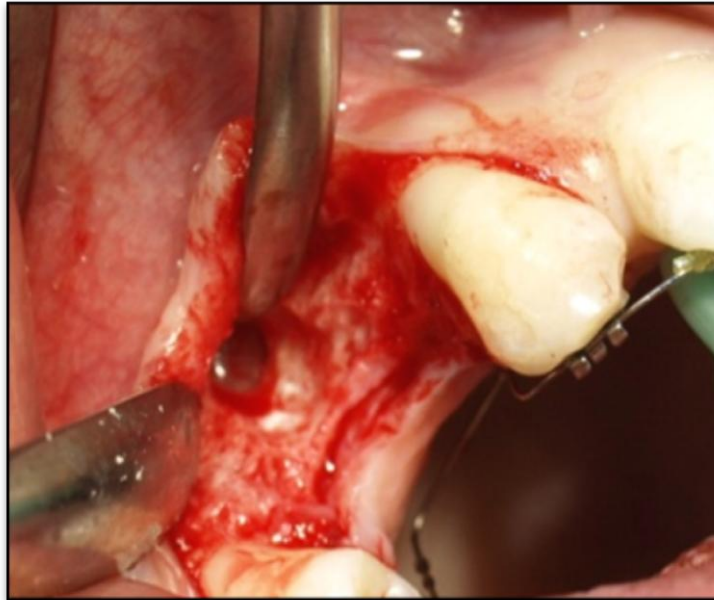


Abbildung 5: Lagerbildung

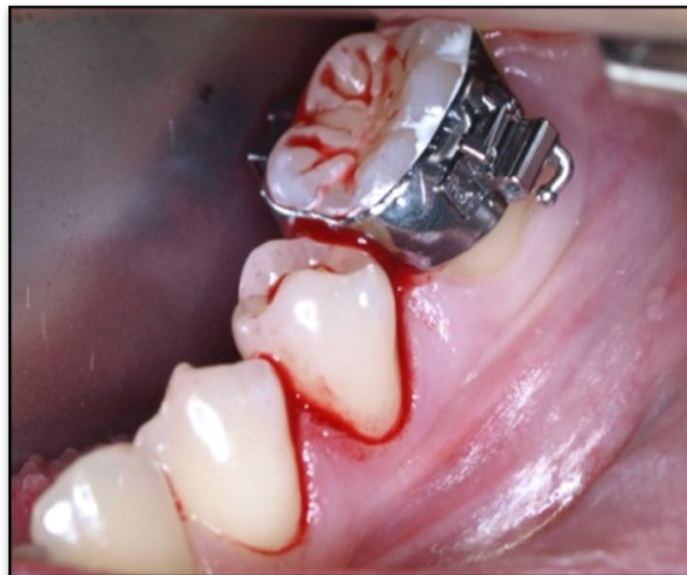


Abbildung 6: Entnahme des Transplantates regio 35

Dann erfolgte die eigentliche Transplantation des Zahns 35 in die Empfängerregion 14 mit Einstellung in Okklusionsposition (Abbildung 7). Danach wurde eine semirigide Schienung des Transplantats mit Wundverschluss vorgenommen (Abbildungen 8, 9). Abbildung 10 zeigt den postoperativen Situs zwölf Monate nach dem Eingriff.



Abbildung 7: Einstellung des Transplantates in Okklusion

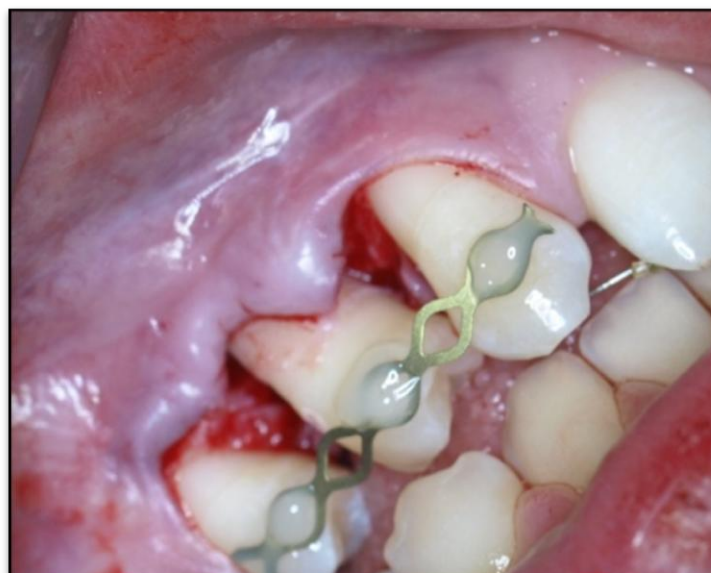


Abbildung 8: Schienung

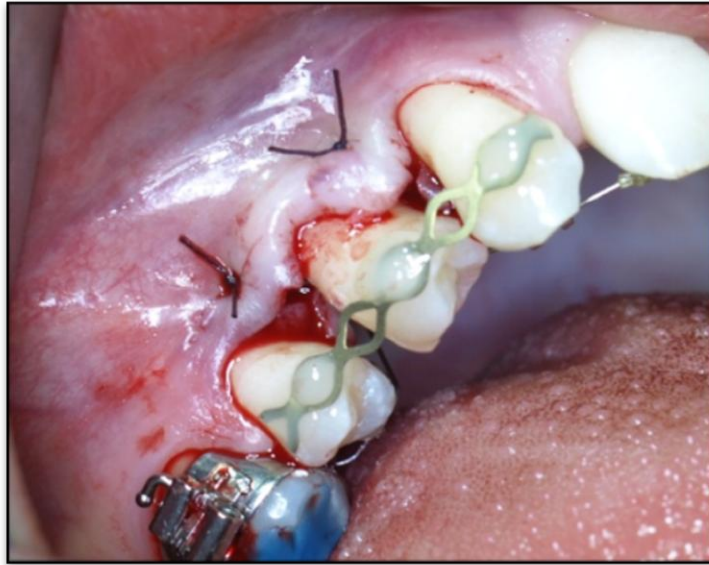


Abbildung 9: Wundverschluss



Abbildung 10: Postoperativer Situs nach 12 Monaten

1.6 Parodontale Aspekte bei der Transplantation

Die gewebeschonende Transplantatentnahme unter Vitalerhaltung der Zellen auf der Wurzeloberfläche ist eine wichtige Voraussetzung für ein erfolgreiches Einheilen eines transplantierten Zahnes [Andreasen *et al.*, 1990; Filippi, 2009]. Dies bedeutet, dass eine traumatische Zahnentfernung mit großem Kraftaufwand, das Tangieren der Wurzeloberfläche während der operativen Entfernung mit dem Bohrer, ein Zerquetschen der Wurzeloberfläche mit der Zange, eine unphysiologische extraorale Lagerung oder eine Anprobe des Transplantates mit zu viel Druck u.ä. vermieden werden müssen, um einem Misserfolg entgegen zu wirken. Sollte ein Zahn nicht mehr überall von einer vitalen Zementschicht bedeckt sein und wird eine kritische Defektgröße von etwa 2 x 2 mm überschritten, beginnen Osteoklasten nach einer Woche, den Zahn an diesen ungeschützten Stellen zu resorbieren, wobei der Zahn in Umbauvorgänge des Knochens einbezogen und durch diesen ersetzt wird (*Ersatzresorption*) [Trope, 1998; Ne *et al.*, 1999; Filippi *et al.*, 2000; Andreasen *et al.*, 2007]

Kommt es im Laufe der Zeit zu externen Resorptionen am Transplantat, werden drei Formen der Resorption unterschieden [Andreasen und Hjørting-Hansen, 1966 a, b]:

Oberflächenresorption:

Hier bestehen kleine, oberflächliche Resorptionslakunen im Wurzelzement bzw. den äußersten Schichten des Dentins, wobei sowohl ein normaler als auch ein leicht erweiterter Parodontalspalt vorliegen kann. Die Resorption ist selbstlimitierend und kann durch Proliferation benachbarter parodontaler Zellen regenerieren. Eine radiologische Sichtbarkeit ist in aller Regel nicht möglich. Als Ursache werden kleine Verletzungen des parodontalen Ligaments oder des Zements bei der Transplantation angenommen.

Ersatzresorption:

Bei dieser Resorptionsart besteht direkter Kontakt zwischen dem Alveolarknochen und der mineralisierten Wurzeloberfläche (Ankylose). Die Zahnwurzel wird vollständig resorbiert, Zement und Dentin werden knöchern ersetzt. Die Ankylosierung entsteht an Stellen, an denen bei der Operation das Desmodont verletzt wurde. Außerdem tritt diese Form der Resorption signifikant häufiger auf je länger sich ein Zahn bei der Transplantation extraoral befunden hat.

Ankylosierte Zähne können über Jahre in Funktion bleiben, wobei diese aber nicht federnd gelagert sind und daher eine herabgesetzte Mobilität aufweisen. Ein weiteres Problem ankylosierter Zähne ist, dass diese bei fortschreitendem Kieferwachstum in Infraokklusion geraten können und als Folge eine Elongation des Antagonisten stattfinden kann. Radiologisch fehlt abschnittsweise oder auch vollständig die Darstellung des Parodontalspalts.

Entzündliche Resorption:

Ursache für diese Form der Resorption sind toxische Produkte nekrotischen Pulpagewebes. Betroffen sind dabei sowohl Zement und Dentin als auch parodontales Ligament und Alveolarknochen. Röntgenologisch erkennt man den Verlust an Wurzellänge und radioluzente Bereiche im benachbarten Knochen sowie unscharf begrenzte radioluzente Zonen der Wurzeloberfläche. Histologisch finden sich im parodontalen Gewebe Lymphozyten, Plasmazellen und polymorphkernige Leukozyten, die Ausdruck einer intensiven entzündlichen Reaktion sind. Die entzündlich resorptiven Vorgänge könne aufgehalten beziehungsweise vermieden werden, wenn eine adäquate endodontische Therapie durchgeführt wird.

2 Fragestellung

Ziel dieser Studie war es, die Erfolgsrate der autogenen Zahntransplantation anhand von definierten klinischen und röntgenologischen Kriterien zu bewerten sowie die Zufriedenheit der untersuchten Patienten mit der Behandlungsmethode der autogenen Zahntransplantation zu evaluieren.

3 Material und Methode

3.1 Studiendesign

Es handelt sich um eine retrospektive klinische monozentrische Studie.

3.1.1 Einschlusskriterien:

Die Nachuntersuchung im Rahmen der Studie wurde durchgeführt, wenn bei einem Patienten, der der Teilnahme an der Studie zustimmte bzw. dessen Erziehungsberechtigte zustimmten, mindestens eine autogene Zahntransplantation eines bleibenden Zahnes oder eines Milchzahnes in der Praxis für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie von Prof. Dr. Dr. D. Nolte und Dr. Dr. R. Linsenmann durchgeführt wurde. Das Einverständnis zur Studienteilnahme wurde mündlich und schriftlich eingeholt. Dabei wurde jeder Studienteilnehmer über Sinn und Zweck der Studie sowie datenschutzrechtliche Belange aufgeklärt (siehe Anhang 8.2 Patienteninformation und Einverständniserklärung). An der Studie nahmen Patienten jeden Alters teil.

Das positive Votum der Ethikkommission der LMU München zur Durchführung der Studie lag vor (Projekt 327-09).

3.1.2 Ausschlusskriterien

- Fehlende Kooperation;
- Fehlendes Einverständnis zur Teilnahme an der Studie;
- Patienten, für die eine umfassende und eingehende Aufklärung auf Grund sprachlicher Defizite nicht möglich war oder für die nicht mit Sicherheit angenommen werden konnte, dass sie der Aufklärung folgen konnten und die Inhalte in vollem Umfang verstanden haben;
- Patienten mit schweren Allgemeinerkrankungen, insbesondere Zustände, die mit einer vorübergehenden oder dauerhaften Einschränkung des Immunstatus einhergehen. Darunter fallen insbesondere alle Patienten mit
 - angeborenen oder erworbenen Immundefekten,
 - medikamentös induzierter Immunsuppression (z.B. Cortison, Cyclosporin),
 - malignen hämatologischen oder lymphoproliferativen Erkrankungen,
 - malignen Tumoren,
 - HIV-Infektion,

- therapiebedürftigen Erkrankungen autoimmuner Genese (z.B. chronisch entzündliche Darmerkrankungen, rheumatische Erkrankungen),
- eine Erkrankung an Diabetes mellitus,
- angeborene oder erworbene Herzvitien,
- zerebrale Krampfleiden sowie schwere sonstige neurologische oder psychische Erkrankungen,
- schwere Niereninsuffizienz,
- angeborene Stoffwechseldefekte oder Speicherkrankheiten,
- floride systemische Infektionskrankheiten,
- angeborene oder erworbene Blutgerinnungsstörungen.

3.1.3 Abbruchkriterien

Als Abbruchkriterium galt die fehlende Kooperation des Patienten. Als weiteres Abbruchkriterium galt das Ausscheiden eines Patienten aus der Studie auf eigenen Wunsch.

Der Abbruch wurde mit Datum auf dem Dokumentationsbogen festgehalten. Der Dokumentationsbogen wurde nach Unterzeichnung durch den Zahnarzt dem Studienleiter zugeleitet und archiviert und die bis dahin gewonnenen Daten verwendet.

3.1.4 Studienort und -zeitraum

Studienort war die Praxisklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Sauerbruchstraße 48, 81377 München.

Alle Patienten wurden zwischen Oktober 2006 und November 2009 behandelt. Die Nachuntersuchung im Rahmen der Studie fand pro Patient einmalig statt.

3.2 Nachuntersuchungsparameter

Die Nachuntersuchung eines jeden Transplantates bestand aus einem klinischen und einem röntgenologischen Teil. Sowohl im klinischen als auch im röntgenologischen Teil wurden die Nachuntersuchungsparameter in Erfolgsparameter und in Einflussparameter unterteilt. Die Untersuchungsergebnisse wurden auf Untersuchungsbögen festgehalten, wobei sowohl für den klinischen als auch für den röntgenologischen Teil ein separater Untersuchungsbogen verwendet wurde (siehe Anhang 8.3 und 8.4). Die Beurteilung der röntgenologischen Parameter

wurde an digitalen Orthopantomogrammen mittels der Software Sidexis vorgenommen (Sidexis, Sirona, Bensheim, Deutschland).

Mit den Erfolgsparametern wurde die Einordnung eines Transplantates als therapeutischer Erfolg oder Misserfolg vorgenommen. Wurde ein Erfolgsparameter, ob klinisch oder röntgenologisch, als nicht erfolgreich gewertet, wurde die gesamte Transplantation als Misserfolg angesehen. Entscheidend war, dass zum Nachuntersuchungszeitpunkt ein Zustand des Zahnes vorlag, der zeigte, dass das bisherige therapeutische Vorgehen nicht erfolgreich war.

Abgegrenzt von der Erfolgs- und Misserfolgsrate wurde auch die Überlebensrate ermittelt, die sich lediglich auf die zum Nachuntersuchungszeitpunkt in situ befindlichen Transplantate bezog und keinen Rückschluss auf die funktionelle Qualität des Zahnes zuließ. In diesem Sinne war also „Überleben“ eines Transplantates nicht gleichzusetzen mit „Erfolg“. Diese Unterscheidung wurde auch in einer dieser Arbeit vorausgegangenen Studie so definiert [Hinrichs, 2005].

Es wurden mehrere Parameter hinsichtlich ihres Einflusses auf die Erfolgsrate untersucht:

3.2.1 Klinische Erfolgsparameter

Mit Hilfe der folgenden Parameter wurde entschieden, ob ein Transplantat als klinischer Erfolg oder als klinischer Misserfolg gewertet wurde.

3.2.1.1 Taschensondierungstiefe

Die Taschensondierungstiefe (TST) wurde per Sechspunktmessung (mesiobukkal, bukkal, distobukkal, distooral, oral und mesiooral) am Transplantat vorgenommen. Dazu wurde eine Parodontal-Sonde vom Typ PCPUNC15 (HuFriedy, Chicago, IL, USA) verwendet [Bengazi *et al.*, 1996; Krausz *et al.*, 2005; Müller, 2006]. Die parodontale Sondierungstiefe ergab sich aus der Distanz zwischen dem Margo gingivae und dem Taschenfundus.

Bewertung und therapeutische Konsequenz :

Entscheidend für die Einordnung als Erfolg oder Misserfolg war der höchste gemessene Wert aus der Sechspunktmessung.

- Transplantate mit $TST \leq 3,5$ mm wurden als Erfolg gewertet;
- Transplantate mit $TST > 3,5$ mm wurden als Misserfolg gewertet.

Die therapeutischen Konsequenzen ergaben sich aus dem Ergebnis der PSI-Messung (siehe 3.2.2.3).

3.2.1.2 Mobilität

Der klinische Lockerungsgrad beschreibt die horizontale und vertikale Auslenkbarkeit des Transplantats nach folgendem Schema [Andreasen *et al.*, 1990]:

- 0. keine abnorme Beweglichkeit,
- I. horizontale Beweglichkeit von weniger als 1 mm,
- II. horizontale Beweglichkeit von mehr als 1 mm,
- III. horizontale Beweglichkeit von mehr als 1 mm und axiale Beweglichkeit.

Bewertung und therapeutische Konsequenz:

- Transplantate mit Lockerungsgrad \leq II wurden als Erfolg gewertet;
- Transplantate mit Lockerungsgrad III wurden als Misserfolg gewertet.

Die therapeutischen Konsequenzen ergaben sich aus dem Ergebnis der PSI-Messung (siehe 3.2.2.3).

3.2.2 Klinische Einflussparameter

Die folgenden klinischen Parameter wurden erhoben, um deren möglichen Einfluss auf die Erfolgsrate zu bewerten. Ob ein signifikanter Einfluss auf die Erfolgsrate vorliegt, wurde mit Hilfe des zweiseitigen, nicht-parametrischen Mann-Whitney-U-Tests ermittelt (α -Level 0,05).

3.2.2.1 Mundhygiene: Gingiva-Index, Plaque-Index, Zahnsteinindex

Die Mundhygiene wurde an folgenden sechs Zähnen stellvertretend für die Sextanten der Kiefer bewertet [Löe und Silness, 1963; Silness und Löe, 1964; Ramfjord, 1959]: 16, 12, 24, 36, 32, 44. Dabei wurde an den entsprechenden Zähnen der Entzündungsgrad der Gingiva, das Vorhandensein von Plaque sowie Zahnstein beurteilt. Fehlende Zähne wurden nicht durch andere ersetzt.

Jeder der vier Flächen eines Zahnes (bukkal, oral, mesial und distal) wurde jeweils ein Punktwert für Gingiva, Plaque und Zahnstein zugeordnet. Die jeweiligen vier Punktwerte der einzelnen Flächen wurden addiert und durch vier dividiert, um den Gingiva-, Plaque- [Silness und Löe, 1964] und Zahnsteinindex [Ramfjord, 1959] des betreffenden Zahnes zu erhalten. Schließlich wurde der Durchschnittswert der Gingiva-, Plaque- und Zahnsteinindizes aller untersuchten Zähne gebildet. In Tabelle

2 sind die Kriterien zur Festlegung des Gingiva-, Plaque- und Zahnsteinindex widergegeben.

	Gingiva-Index	Plaque-Index	Zahnstein-Index
0	keine Entzündung	keine Plaque	kein Zahnstein
1	milde Entzündung – leichte Veränderungen in Farbe und Textur	ein Plaquefilm, der an der freien Gingiva und in der Umgebung des Zahnes haftet. Die Plaque kann nur nach Anfärben oder mithilfe einer Sonde gesehen werden	Supragingivaler Zahnstein, der sich nur leicht bis unter den Zahnfleischrand erstreckt (nicht mehr als ein Millimeter)
2	mäßige Entzündung – mäßige Rötung, Ödembildung und Hypertrophie, Blutung auf Sondieren	Mäßige Ansammlung weicher Beläge in der Zahnfleischtasche oder auf der Zahnoberfläche, die mit bloßem Auge gesehen werden kann	Mäßige Ansammlung von supra- und subgingivalem Zahnstein, oder nur subgingivaler Zahnstein
3	schwere Entzündung – deutliche Rötung und Hypertrophie, Tendenz zur spontanen Blutung, Ulzeration	große Menge weicher Beläge in der Zahnfleischtasche und bzw. oder auf der Zahnoberfläche	große Mengen supra- und subgingivalen Zahnsteins

Tabelle 2: Kriterien zur Festlegung des Gingiva-, Plaque- und Zahnsteinindex

Bewertung und therapeutische Konsequenz :

Die Mundhygiene wurde mit „gut“ beurteilt, sofern alle drei Mundhygieneparameter (Gingiva, Plaque, Zahnstein) kleiner oder gleich 1 waren. Werte größer als eins wurden mit „mäßig bis schlecht“ bewertet.

- Mundhygiene gut: keine therapeutische Konsequenz,
- Mundhygiene mäßig bis schlecht: Mundhygieneinstruktion.

3.2.2.2 Rauchen

Der Patient wurde zum täglichen Tabakkonsum befragt. Dabei erfolgt die Unterteilung in die Kategorien „Raucher“ und „Nichtraucher“.

3.2.2.3 Parodontaler Screening Index (PSI)

Die Erhebung der PSI - Werte erfolgte sextantenweise mithilfe einer WHO – Sonde Typ PCP11.5B (Hu-Friedy, Chicago, IL, USA), um die parodontale Situation des Patienten zu erfassen [Müller, 2006; Ainamo *et al.*, 1982]. Dabei wurden Taschensondierungstiefen (TST), Blutung auf Sondierung (BOP) und das Vorhandensein von Plaque, Zahnstein und überstehenden Restaurationsrändern nach dem Schema in Tabelle 3 bewertet:

PSI	TST	BOP	Plaque, Zahnstein, Restaurationsränder
0	< 3,5 mm	-	-
1	< 3,5 mm	+	-
2	< 3,5 mm	+	+
3	3,5 – 5,5 mm	-/+	-/+
4	> 5,5 mm	-/+	-/+

Tabelle 3: Kriterien zur Festlegung des PSI-Wertes

Die Erhebung des PSI erfolgte an den Parodontien der Indexzähne 11, 16, 26, 31, 36 und 46, sofern diese fehlten ersatzweise an den daneben stehenden Zähnen. Zur Erhebung des PSI wurde das Schema aus Abbildung 11 verwendet. Der jeweilige Wert eines Sextanten wurde in das vorgesehene Kästchen eingetragen, der Indexzahn war dabei neben der Nummer des Sextanten aufgeführt.

Datum:

Kinder	S1/ 16	Kinder	S2/ 11	Kinder	S3/ 26
Kinder	S6/ 46	Kinder	S5/ 31	Kinder	S4/ 36

Abbildung 11: Schema zur Erhebung des PSI

Bewertung und therapeutische Konsequenz :

Für die Auswertung wurde der höchste PSI-Wert aus der Sextanten-Messung herangezogen. Entscheidend für die therapeutische Konsequenz war der höchste PSI-Wert aus allen Sextanten.

Patienten mit einem $PSI \leq 2$ wurden bezüglich ihrer parodontalen Situation als gut bis mäßig eingestuft, Patienten mit einem $PSI > 2$ wurden bezüglich der parodontalen Situation als schlecht eingestuft.

- PSI 0: gesund, keine Intervention;
- PSI 1 – 2: Glätten überstehender Restaurationsränder, Empfehlung einer professionellen Zahnreinigung, Anleitung zur verbesserten Mundhygiene;
- PSI > 2: Indikation zur parodontalen Befunderstellung und Einleitung weiterer parodontaltherapeutischer Maßnahmen.

3.2.2.4 Approximalkontakt

Das Transplantat wurde visuell mit dem Mundspiegel und mit Hilfe von Zahnseide auf die Stärke seiner Approximalkontakte hin überprüft. Es erfolgte eine einfache Unterteilung in Transplantate mit und Transplantate ohne Approximalkontakt.

Bewertung und therapeutische Konsequenz:

- Approximalkontakt vorhanden: keine Intervention;
- Fehlende Approximalkontakte: Kontakte herstellen.

3.2.2.5 Okklusion

Mittels Okklusionsfolie der Stärke 30 μm wurde das Transplantat auf statische Okklusionskontakte untersucht [Kloß, 2000].

Die Okklusion wurde in vorhanden und fehlend unterteilt.

Bewertung und therapeutische Konsequenz:

- Vorhandene statische Okklusion auf Seitenzähnen: Gesund, keine Intervention;
- Fehlende Okklusion, Frühkontakte: Kontakte aufbauen bzw. Kontakte einschleifen.

3.2.2.6 Perkussion

Die Prüfung der Perkussionsempfindlichkeit wurde mithilfe des Spiegelgriffes eines zahnärztlichen Mundspiegels vorgenommen [Bauss *et al.*, 2008b]. Die Perkussion wurde in positiv (schmerzhaft) oder negativ (nicht schmerzhaft) unterteilt.

Bewertung und therapeutische Konsequenz:

- Perkussion nicht schmerzhaft: Gesund, keine Intervention;
- Perkussion schmerzhaft: Indikation zur weiteren endodontischen Diagnostik.

3.2.2.7 Horizontale Position

Die horizontale Position des transplantierten Zahnes wurde bezüglich der Positionierung des Transplantats gegenüber seinen Nachbarzähnen beurteilt [Becker *et al.*, 1983]. Dabei wurde folgendermaßen bewertet:

- Ideale Anordnung;
- Rotationen des Transplantates;
- Eine oder mehrere Lücken in unmittelbarer Umgebung des Transplantates.

Bewertung und therapeutische Konsequenz:

- Ideale Anordnung: Keine Intervention;
- Rotationen oder Lücken: Erwägung einer kieferorthopädische Behandlung.

3.2.2.8 Sensibilität

Der Sensibilitätstest wurde am Transplantat mittels Schaumstoffpellet und kryogenem Spray durchgeführt. Der Kältetest verursacht eine Kontraktion der intratubulären Flüssigkeit des Dentins, was zu einem schnellen Auswärtsfluss der Flüssigkeit innerhalb der offenen Dentin-Tubuli führt [Brännström, 1986]. Dieser schnelle Flüssigkeitsstrom führt zu einer hydrodynamischen Kraft, die auf die A δ -Nervfasern im Pulpa-Dentin-Komplex wirkt und ein ziehendes Gefühl verursacht, welches für die Dauer des Tests anhält [Trowbridge *et al.*, 1980].

Bewertung und therapeutische Konsequenz:

- Positive Reaktion im Kältetest: Reinnervation erfolgreich, keine Intervention;
- Negative Reaktion im Kältetest: Endodontische Maßnahmen erforderlich.

3.2.2.9 Karies

Es wurde klinisch ermittelt, ob der transplantierte Zahn zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung kariöse Läsionen aufwies.

Bewertung und therapeutische Konsequenz:

- Keine kariöse Läsion: Gesund, keine Intervention;
- Kariöse Läsion: Indikation zur konservierenden Behandlung.

3.2.3 Röntgenologische Erfolgsparameter

Mit Hilfe der folgenden Parameter wurde entschieden, ob ein Transplantat als röntgenologischer Erfolg oder als röntgenologischer Misserfolg gewertet wurde.

3.2.3.1 Periapikaler Status (Parodontalspalt, Knochenheilung)

Der periapikale Status wurde nach folgendem Schema beurteilt [Waikakul, 2002]:

1. Heilung des Alveolarknochens stellt sich als vollständiges spongiöses Trabekelwerk mit Lamina dura und definiertem Parodontalspalt dar;
2. Heilung des Alveolarknochens stellt sich als vollständiges spongiöses Trabekelwerk ohne Lamina dura dar;
3. Unvollständige Heilung des Alveolarknochens stellt sich durch eine periapikale Radiotransluzenz dar, die die physiologische Breite des Parodontalspaltes deutlich überschreitet.

Bewertung und therapeutische Konsequenz:

- Heilung des Alveolarknochens im Sinne der Punkte 1 und 2: Das Transplantat wurde als Erfolg gewertet. Keine therapeutische Intervention;
- Unvollständige Heilung des Alveolarknochens im Sinne des Punktes 3: Das Transplantat wurde als Misserfolg gewertet. Konservierende Therapie oder Extraktion.

3.2.3.2 Wurzelresorption

Die Transplantate wurden auf Resorptionserscheinungen hin untersucht und nach folgendem Schema bewertet [Andreasen und Hjørtting-Hansen, 1966b; Andreasen und Hjørtting-Hansen, 1970]:

0. Keine Resorption;
1. Oberflächenresorption: Kleine, selbstlimitierende Resorptionslakunen auf der Wurzeloberfläche neben einem normalen oder leicht erweiterten Parodontalspalt;
2. Entzündliche Resorption: Periradikuläre Radiotransluzenzen, die zusammen mit Resorptionen der Wurzel auftreten;
3. Ersatzresorption: Fehlende Darstellung des Parodontalspaltes und Wurzelresorption ohne Radiotransluzenzen im Bereich resorbierter Wurzelteile.

Bewertung und therapeutische Konsequenz:

- Keine Resorptionsvorgänge: Das Transplantat wurde als Erfolg gewertet.
Keine therapeutische Intervention;
- Oberflächenresorption: Das Transplantat wurde als Erfolg gewertet.
Keine therapeutische Intervention;
- Entzündliche Resorption: Das Transplantat wurde als Misserfolg gewertet.
Konservierende Therapie oder Extraktion;
- Ersatzresorption: Das Transplantat wurde als Misserfolg gewertet.
Konservierende Therapie oder Extraktion.

3.2.4 Röntgenologische Einflussparameter

Die folgenden röntgenologischen Parameter wurden erhoben, um deren möglichen Einfluss auf die Erfolgsrate zu bewerten. Ob ein signifikanter Einfluss auf die Erfolgsrate vorliegt, wurde mit Hilfe des zweiseitigen, nicht-parametrischen Mann-Whitney-U-Tests ermittelt.

3.2.4.1 Wurzellänge und Wurzellängenzuwachs

Als mittlere Wurzellänge (WL) des Transplantates wurde der Abstand der Mittelpunkte zweier Linien definiert, wobei eine der beiden Linien die mesiale und distale Schmelz-Zement-Grenzen miteinander verband und die zweite die zwei apikalsten Punkte der Wurzel [Bauss *et al.*, 2008a; Paschos *et al.*, 2005; Linge und Linge, 1991]. Das Setzen der Messpunkte und –linien zur Erhebung der Wurzellänge ist in Abbildung 12 widergegeben.



Abbildung 12: Messpunkte und –linien zur Erhebung der Wurzellänge

Änderungen der Wurzellänge (Δ_{WL}) wurden aus der Wurzellänge zum direkt postoperativen Zeitpunkt (WL1) und der Wurzellänge zum Nachuntersuchungszeitpunkt (WL2) ermittelt. Um tatsächliche Änderungen der Wurzellänge von projektionsbedingten Größenveränderungen abzugrenzen, wurde bei der Berechnung von Δ_{WL} ein Vergrößerungsfaktor berücksichtigt, der sich durch die Division der Kronenlänge im postoperativen Röntgenbild (KrL1) durch die Kronenlänge zum Nachuntersuchungszeitpunkt (KrL2) ergibt, da die Krone in ihrer Länge konstant bleibt. Für die Ermittlung der Wurzellängenänderung gilt also:

$$\Delta_{WL} = WL2 \cdot (KrL1 : KrL2) - WL1$$

Zur Festlegung der Messtoleranz wurden alle Messungen doppelt ausgeführt und in der oben genannten Weise für jede Messreihe Δ_{WL} ermittelt. Δ_{WL1} stellte die Änderungen der Wurzellänge nach der Auswertung der ersten Messung dar, Δ_{WL2} die Änderungen der Wurzellänge nach der zweiten Messung. Aus den Differenzen zwischen Δ_{WL1} und Δ_{WL2} wurden dann Mittelwert und Standardabweichung ermittelt. Mittelwert \pm Standardabweichung ergaben den Messtoleranzkorridor. Nur Messwerte, die Außerhalb des Korridors lagen, wurden als tatsächliche Änderungen der Wurzellänge gewertet.

Bewertung und therapeutische Konsequenz:

- Gleichbleibende Wurzellänge oder Wurzelwachstum: Gesund, keine Intervention;

- Abnahme der Wurzellänge: Erhaltungsversuch durch endodontische Behandlung oder Extraktion.

3.2.4.2 Knochenlevel am Transplantat

Zunächst wurde die mittlere Höhe des Alveolarknochens (H_A) am Transplantat ermittelt. Dies geschah, indem der Mittelwert der Längen zweier Linien (L_1 , L_2) errechnet wurde, die den jeweils krestalsten Punkt des Alveolarknochens mesial und distal des Transplantates mit dem Mittelpunkt einer Linie verbanden, die die beiden apikalsten Punkte der Wurzel markierte [Ahlberg *et al.*, 1983]. Das Setzen der Messpunkte und –linien zur Erhebung des Knochenlevels zeigt Abbildung 13.



Abbildung 13: Messpunkte und –linien zur Erhebung des Knochenlevels

Die mittlere Höhe des Alveolarknochens (H_A) wurde folgendermaßen ermittelt:

$$H_A = (L_1 + L_2) : 2$$

Das Knochenlevel (KL) wurde in Prozent der Wurzellänge (WL) angegeben:

$$KL = (H_A : WL) \cdot 100$$

Um Änderungen des Knochenlevels (Δ_{KL}) festzustellen, wurde das Knochenlevel jeweils an einem postoperativen (KL1) sowie einem zum Nachuntersuchungszeitpunkt (KL2) angefertigten Röntgenbild ermittelt:

$$\Delta_{KL} = KL2 - KL1$$

Zur Festlegung der Messtoleranz wurden alle Messungen doppelt ausgeführt und in der oben genannten Weise für jede Messreihe Δ_{KL} ermittelt. Δ_{KL1} stellte die

Änderungen des Knochenlevels nach der Auswertung der ersten Messung dar, Δ_{KL2} die Änderungen des Knochenlevels nach der zweiten Messung. Aus den Differenzen zwischen Δ_{KL2} und Δ_{KL1} wurden dann Mittelwert und Standardabweichung ermittelt. Mittelwert \pm Standardabweichung ergaben den Messtoleranzkorridor. Nur Messwerte, die Außerhalb des Korridors lagen, wurden als tatsächliche Änderungen des Knochenlevels gewertet.

3.2.4.3 Zahnalter nach Gat

Zur Beurteilung des Entwicklungsstadiums eines Transplantats zum Operations- und zum Nachuntersuchungszeitpunkt wurde folgendes 6 – stufiges Schema verwendet [Gat *et al.*, 1984]:

0. Keine Zeichen einer Zahnentwicklung oder Vorhandensein eines Follikels ohne Kalzifizierungszeichen;
1. Von beginnender Kalzifizierung im Follikel bis hin zur halb entwickelten Krone;
2. Von einer halb- bis zu einer vollentwickelten Krone. Keine Anzeichen einer Wurzelentwicklung;
3. Von beginnender Wurzelentwicklung bis hin zur halben Wurzellänge;
4. Von einer halb- bis zu einer vollentwickelten Wurzel, wobei das Foramen apicale noch geöffnet war;
5. Vollentwickelter Zahn mit geschlossenem Foramen apicale.

Die einzelnen Entwicklungsstufen 0 - 5 sind in Abbildung 14 dargestellt.

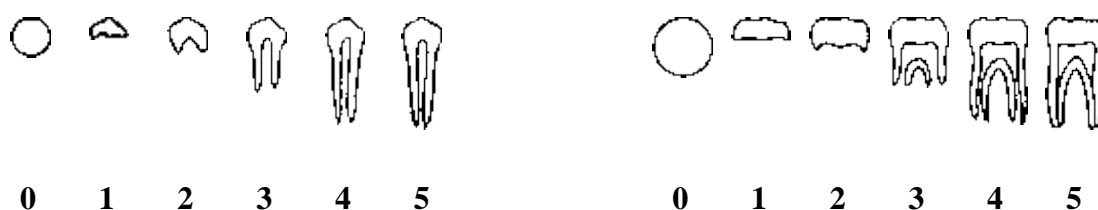


Abbildung 14: Zahnalter nach GAT [Gat *et al.*, 1984]

Bewertung und therapeutische Konsequenz:

- Stadium 0 – 4 : Transplantat mit offenem Apex: regelmäßige Sensibilitätsprüfung;
- Stadium 5: Transplantat mit geschlossenem Apex. Indikation zur endodontischen Versorgung postoperativ gegeben.

3.2.4.4 Einteilung der pulpalen Obliteration

Ob sich eine Obliteration der Pulpa nach der Transplantation eines Zahnes entwickelt hatte, wurde durch den Abgleich von prä- und postoperativ angefertigten Röntgenbildern festgestellt. Es erfolgte eine Einteilung in folgende Grade [Bauss *et al.*, 2008b]:

1. Keine Obliteration;
2. Teilobliteration: Pulpenkavum nicht erkennbar und Wurzelkanal deutlich verengt aber klar erkennbar;
3. Totale Obliteration: Pulpenkavum und Wurzelkanal kaum oder nicht erkennbar.

Bewertung und therapeutische Konsequenz:

- Grad 1: Pulpa nicht obliteriert: übliche endodontische Befunderhebung;
- Grad 2 – 3: Pulpa obliteriert: Hinweis auf Revaskularisation der Pulpa, keine therapeutische Intervention.

3.2.4.5 Karies

Das Transplantat wurde auf kariöse Läsionen hin untersucht.

Bewertung und therapeutische Konsequenz:

0. Keine behandlungsbedürftige kariöse Läsion vorhanden: Gesund, keine Intervention;
1. Behandlungsbedürftige kariöse Läsion vorhanden: Konservierende Behandlung;

3.2.5 Endodontischer Therapiebedarf

3.2.5.1 Transplantate mit offenem Apex

Aus den oben beschriebenen klinischen und röntgenologischen Parametern wurde ein eventueller endodontischer Therapiebedarf für die wurzelunreifen Transplantate abgeleitet. Dazu wurden aus den klinischen Parametern der Perkussionstest und der Sensibilitätstest herangezogen [Hellwig *et al.*, 2009]. Aus der Röntgenuntersuchung wurden die Resorptionen der Wurzel, der periapikale Status und die Untersuchung auf pulpaale Obliteration herangezogen [Andreasen, 1993].

Eine endodontische Behandlung galt als indiziert, wenn der transplantierte Zahn im Sensibilitätstest keine positive Reaktion zeigte und *zusätzlich* ein positiver Perkussionstest, periapikale Radioluzenzen oder Resorptionen der Wurzel vorlagen.

Radiologische Zeichen einer Obliteration der Pulpa sprachen gegen eine endodontische Intervention, da die Obliteration eine Ersatzgewebsbildung darstellt und als indirektes Vitalitätszeichen gewertet werden kann [Pogrel, 1987].

3.2.5.2 Transplantate mit geschlossenem Apex

Da die wurzelreifen Transplantate in dieser Studie nicht vorsorglich wurzelkanalbehandelt wurden, wurden die Transplantate auf klinische und röntgenologische Symptomatik hin untersucht, die einen akuten endodontischen Therapiebedarf anzeigen.

Hierbei galten die gleichen Kriterien wie fehlende Sensibilität, ein positiver Perkussionstest, periapikale Radioluzenzen und Resorptionen der Wurzel als Hinweis auf eine Infektion des Wurzelkanalsystems und damit als akut therapiebedürftig.

3.2.6 Patientenzufriedenheit

Um die Zufriedenheit der Patienten mit der autogenen Zahntransplantation zu evaluieren, wurde ein Fragebogen (siehe Anhang 8.5) entworfen, den der Patient bei seinem Nachuntersuchungstermin ausgehändigt bekam. Dieser Fragebogen enthielt folgende Fragen:

In Form einer numerischen Analogskala mit Schulnoten von 1 bis 6 konnte der Patient seine Zufriedenheit zu folgenden Aspekten angeben [Buch, 2002]:

- Erfolg der Operation
- ästhetisches Ergebnis
- postoperative Beschwerdefreiheit
- aktuelle Beschwerden
- Erfüllung der Erwartungen

Zusätzlich enthielt der Fragebogen zwei bipolare Fragen:

- Würde sich der Patient gegebenenfalls nochmals einer autogenen Transplantation unterziehen?
- Würde der Patient die autogene Zahntransplantation als Behandlungsmethode weiterempfehlen?

Zwei offenen Fragen schlossen die Erhebung ab:

- Wie wurde der Patient auf diese Behandlungsmöglichkeit aufmerksam?

- Wie schätzt der Patient die Überlebenszeit des Transplantates im Mund ein?

3.3 Dokumentationsablauf

1. Zunächst erfolgte eine mündliche Aufklärung über die mögliche Teilnahme an der Studie sowie Vor- und Nachteile und zeitlicher Aufwand der Studienbeteiligung und die Einholung einer schriftlichen Einverständniserklärung (siehe Anhang 8.2). Bei Minderjährigen erfolgte eine altersentsprechende Aufklärung, wobei auch hier eine schriftliche Einverständniserklärung des minderjährigen Studienteilnehmers sowie dessen Erziehungsberechtigten eingeholt wurde.
2. Für die Studie wurden alle Transplantate, die ein Patient erhalten hat zur Auswertung herangezogen.
3. Die klinische und röntgenologische Nachuntersuchung erfolgte in der auf den Dokumentationsbögen festgelegten Reihenfolge.
4. Zuletzt wurde ein Fragebogen zur Erhebung der Patientenzufriedenheit vom Studienteilnehmer ausgefüllt.

3.4 Statistische Auswertung der Daten

Es erfolgte eine rein deskriptive Beschreibung der demographischen Charakteristika des Patientenkollektivs. Sodann wurde die Erfolgsrate prozentual errechnet.

Ferner wurde ein möglicher Einfluss der definierten Einflussparameter auf die Erfolgsrate mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests überprüft. Das α -Level wurde bei 0,05 festgelegt.

Zur Ermittlung der intraindividuellen Reliabilität wurden die wesentlichen röntgenologischen Messungen doppelt vorgenommen und die Messtoleranzen mittels der Cohen's-unweighted- κ -Statistik bewertet.

Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software SPSS (SPSS, Version 20.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

4 Ergebnisse

4.1 Anzahl der Studienteilnehmer und Patientencharakteristika

Im Zeitraum von Oktober 2006 bis November 2009 unterzogen sich 124 Patienten mit insgesamt 150 Transplantaten einer autogenen Zahntransplantation zum Zweck des Einzelzahnersatzes. Das für diese Studie gewonnene Patientenkollektiv umfasste 57 Patienten (46%) (weiblich, n = 31; männlich, n = 26) mit insgesamt 72 Transplantaten (48%). 49 Patienten mit insgesamt 62 Transplantaten erschienen dabei tatsächlich zur Nachuntersuchung, bei 8 Patienten mit insgesamt 10 Transplantaten wurde ein Transplantatverlust vor dem Nachuntersuchungszeitpunkt ermittelt. Diese Verluste wurden in das Patientenkollektiv integriert. Das mittlere Alter der Patienten betrug zum Transplantationszeitpunkt 23,6 Jahre (Range 8 – 48 Jahre, Median 23 Jahre, Standardabweichung 9,2 Jahre).

67 Patienten konnten nicht für die Teilnahme an der Studie gewonnen werden. 39 Patienten waren unbekannt verzogen, hatten keine aktuelle Telefonnummer oder Adresse hinterlegt oder waren aus anderen Gründen nicht erreichbar. 19 Patienten lehnten die Teilnahme an der Nachuntersuchung ab und 9 Patienten erschienen trotz Zusage nicht zum vereinbarten Nachuntersuchungstermin.

4.2 Beobachtungszeitraum

Der mittlere Beobachtungszeitraum betrug 22,6 Monate postoperativ (Range 1 – 50 Monate, Median 22 Monate, Standardabweichung 13,4 Monate). In fünf Fällen war die Beobachtungszeit weniger als zwölf Monate, da hier Transplantatverluste vor dem Nachuntersuchungszeitpunkt auftraten (ein Verlust nach einem Monat, drei Verluste nach vier Monaten und ein Verlust nach 8 Monaten). Die übrigen Beobachtungszeiten variierten zwischen 11 und 50 Monaten. Im Folgenden sind die verschiedenen Beobachtungszeiten in einem Balkendiagramm dargestellt (Abbildung 15).

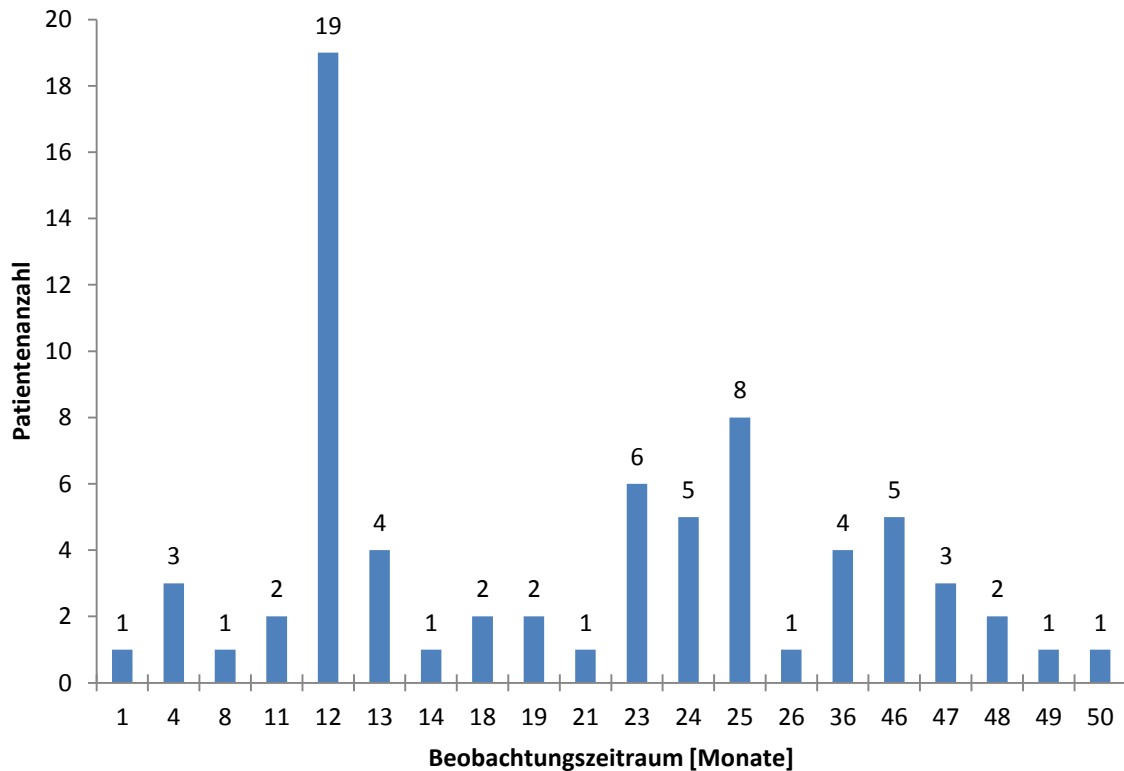


Abbildung 15: Balkendiagramm zum Beobachtungszeitraum postoperativ. Die Zahlen oberhalb der Balken geben die exakte Patientenzahl wider.

4.3 Reproduzierbarkeit der Ergebnisse

Als intraindividuelle Reliabilität der radiologischen Auswertungsparameter ergaben sich: Zahnalter, Pulpenobliteration und Karies: $\kappa = 1,0$; Knochenheilung: $\kappa = 0,921$; Wurzelresorption: $\kappa = 0,927$;

4.4 Ursachen für die Zahntransplantation

Ursächlich für die Transplantation bei den Studienteilnehmern waren tief kariös zerstörte Zähne ($n = 29$; 40,3%), Parodontitis apicalis an wurzelbehandelten Zähnen ($n = 25$; 34,7%), unversorgte Einzelzahnücken im Zahnbogen ($n = 6$; 8,3%), Nichtanlagen ($n = 4$; 5,6%), Traumata ($n = 3$; 4,2%), aufgrund ihrer Verlagerung zu entfernende Zähne ($n = 3$; 4,2%) und persistierende Milchzähne ($n = 2$; 2,8%). Die Ursachen für die Zahntransplantation sind in Abbildung 16 wiedergegeben. Die Abbildungen 17 – 21 zeigen typische röntgenologische Ausgangsbefunde, die zur autogenen Zahntransplantation führten.

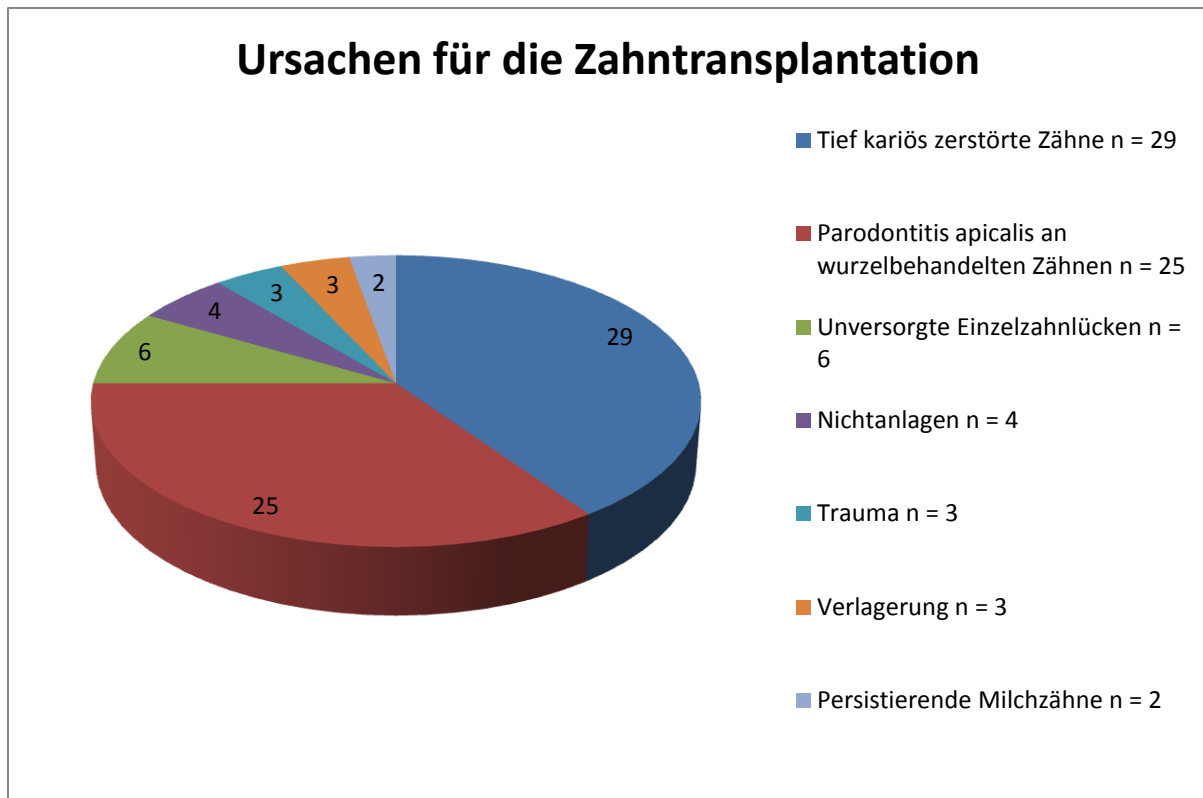


Abbildung 16: Ursachen für die Zahntransplantation. Die Zahlen innerhalb der Segmente geben die Anzahl der betroffenen Zähne wider (n = 72 Zähne, N = 57 Patienten).



Abbildung 17: OPG eines 17-jährigen Patienten, Ursache für die Zahntransplantation ist der nicht erhaltungswürdige, tief kariös zerstörter Zahn 47.



Abbildung 18: OPG eines 36-jährigen Patienten, Ursache für die Zahntransplantation ist eine Parodontitis apicalis am nicht erhaltungswürdigen, bereits wurzelgefüllten Zahn 46. Transplantiert wurde der verbliebene Weisheitszahn 48.

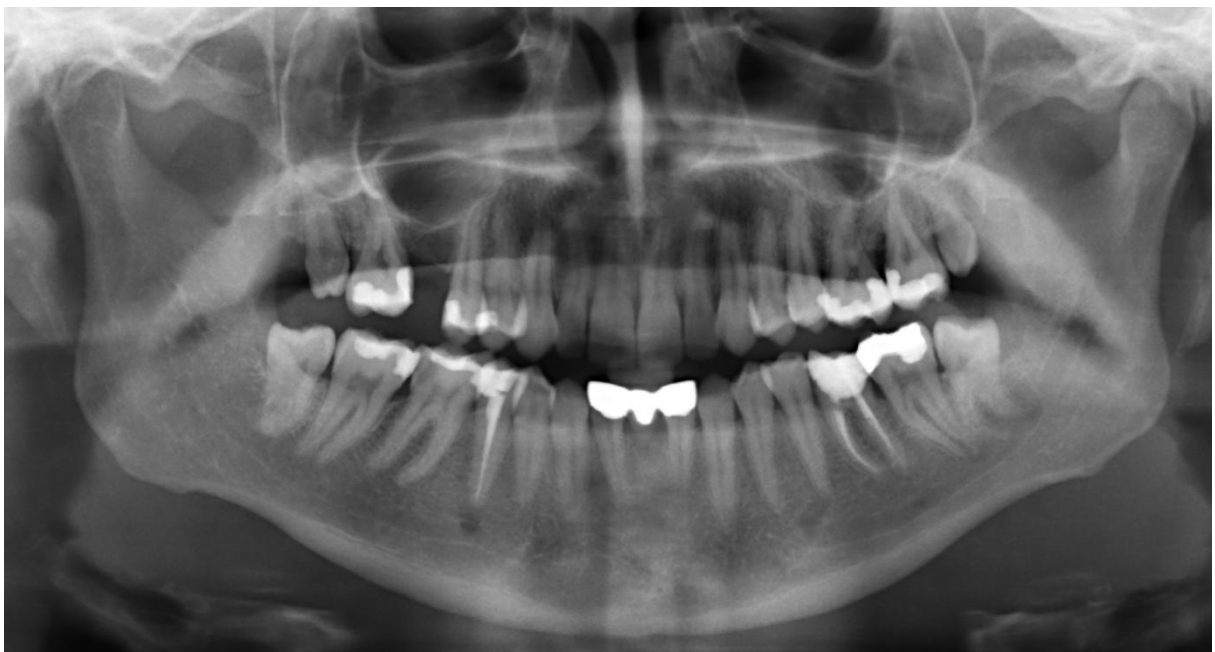


Abbildung 19: OPG einer 27-jährigen Patientin, Ursache für die Zahntransplantation ist eine unversorgte Einzelzahnücke regio 16. Die Lücke erscheint bereits verengt, allerdings bieten sich die beiden oberen Weisheitszähne durch ihre schlanke Form als Spender an. Transplantiert wurde schließlich Zahn 18.



Abbildung 20: OPG einer 21-jährigen Patientin, Ursache für die Zahntransplantation ist die Nichtanlage des Zahnes 14. Der Fall wurde weiter oben bereits besprochen (siehe 1.5.3).



Abbildung 21: OPG einer 13-jährigen Patientin, Ursache für die Zahntransplantation ist der traumatisch verloren gegangene Zahn 21. Als Spender wurde der Zahn 45 gewählt, der später durch ein Implantat ersetzt wurde.

4.5 Erfolgs- und Misserfolgsrate

Die Gesamterfolgsrate lag bei 54,2% (39/72 Zähnen) und damit die Gesamtmisserfolgsrate bei 45,8% (33/72 Zähnen) nach einem durchschnittlichen Beobachtungszeitraum von 22,6 Monaten. Die Gesamtmisserfolgsrate lässt sich

dabei weiter untergliedern: Entsprechend der oben beschriebenen Erfolgsparameter (Taschensondierungstiefe $\leq 3,5$ mm, Lockerungsgrad \leq II, keine entzündliche Resorption oder Ersatzresorption, gesunder Alveolarknochen) wurden 31,9% (23/72 Zähnen) der nachuntersuchten Transplantate als Misserfolg gewertet, 13,9% (10/72 Zähnen) der Transplantate gingen vor dem Nachuntersuchungszeitpunkt verloren. Ursächlich für die Verluste vor dem Nachuntersuchungszeitpunkt waren fehlende parodontale Heilung mit stark erhöhtem Lockerungsgrad (n = 8; 11,1%), Trauma in der Einheilphase (n = 1; 1,4%) und Ausbildung einer Osteomyelitis (n = 1; 1,4%), die eine Zahnentfernung notwendig machte. Die Verlustursachen werden in Tabelle 4 für jedes Transplantat beschrieben.

Misserfolg Nr.	Spenderzahn → Empfänger- region	Beobachtungszeitraum [Monate]	Verlustursache	Totalverlust (1) / Misserfolg anhand definierter Kriterien (2)
1	28→26	24	Ersatzresorption	2
2	38→36	21	Lockerungsgrad III	1
3	48→46	19	Lockerungsgrad III	1
4	48→16	1	Während Einheilphase avulsiert (4.Tag postoperativ)	1
5	38→36	8	Ausbildung einer Osteomyelitis	1
6	28→26	32	Ausgedehnte periapikale Radioluzenz, entzündliche Resorption, tiefste Tasche 10 mm, Lockerungsgrad III	2
7	38→36	4	Lockerungsgrad III	1
8	48→46	4	Lockerungsgrad III	1
9	18→17	36	Tiefste Tasche 4 mm	2
10	28→27	14	Tiefste Tasche 5 mm	2
11	38→16	49	Ersatzresorption	2

12	48→47	25	Tiefste Tasche 4 mm	2
13	18→26	12	Tiefste Tasche 4 mm	2
14	28→16	12	tiefste Tasche 8 mm, Lockerungsgrad III	2
15	48→46	47	Ersatzresorption	2
16	18→17	47	Ersatzresorption	2
17	38→46	4	Ausgedehnte periapikale Radioluzenz, Lockerungsgrad III	1
18	38→37	12	Ausgedehnte periapikale Radioluzenz, entzündliche Resorption	2
19	28→27	23	Ausgedehnte periapikale Radioluzenz, Tiefste Tasche 6 mm, entzündliche Resorption	2
20	28→27	48	Ausgedehnte periapikale Radioluzenz, entzündliche Resorption	2
21	28→26	12	Tiefste Tasche 7 mm	2
22	28→26	50	Ausgedehnte periapikale Radioluzenz, entzündliche Resorption	2
23	48→46	18	Ausgedehnte periapikale Radioluzenz, Lockerungsgrad III	1
24	38→37	18	Ausgedehnte periapikale Radioluzenz, Lockerungsgrad III	1
25	73→21	25	Ersatzresorption	2
26	83→22	25	Ersatzresorption	2

27	18→47	13	Ausgedehnte periapikale Radioluzenz, entzündliche Resorption	2
28	28→37	19	Ausgedehnte periapikale Radioluzenz, Lockerungsgrad III	1
29	18→17	46	Tiefste Tasche 4 mm	2
30	28→27	46	Ersatzresorption	2
31	38→36	12	Tiefste Tasche 6 mm	2
32	18→16	25	Ersatzresorption	2
33	28→26	25	Ersatzresorption	2

Tabelle 4: Verlust- und Misserfolgsanalyse (n = 72 Zähne, N = 57 Patienten)

Neben der Erfolgs- und Misserfolgsrate wurde zusätzlich die Überlebensrate erhoben. Überleben bezeichnet hierbei den Anteil überlebender Zähne an der Gesamtheit der transplantierten Zähne bezogen auf einen bestimmten Zeitpunkt nach der Transplantation, ohne die funktionelle Qualität der Transplantate zu beleuchten [Hinrichs, 2005]. Die Überlebensrate, nicht zu verwechseln mit der Erfolgsrate, lag damit bei 86,1% nach einer durchschnittlichen Beobachtungsdauer von 22,6 Monaten.

Exemplarisch zeigen die Abbildungen 22 - 24 den erfolgreichen Verlauf der Transplantation des Zahnes 48 an die Position des nicht erhaltungswürdigen Zahnes 36. Dies war die häufigste Ausgangssituation in unserem Kollektiv. Das Röntgenbild in Abbildung 22 zeigt die Ausgangssituation einer nicht erfolgreichen Wurzelkanalbehandlung mit einer ausgeprägten apikalen Radioluzenz. Der Zahn 36 wurde entfernt und der Zahn 48 zur Transplantation gewählt. Die Wurzel des Zahnes 48 befand sich zum Operationszeitpunkt noch in der Entwicklung. Abbildung 24 zeigt die Situation zwei Jahre nach der Transplantation, wobei es zu einer deutlichen Zunahme der Wurzellänge gekommen ist.



Abbildung 22: OPG einer 21-jährigen Patientin, apikale Parodontitis am Zahn 36. Zustand nach erfolgloser endodontischer Therapie.

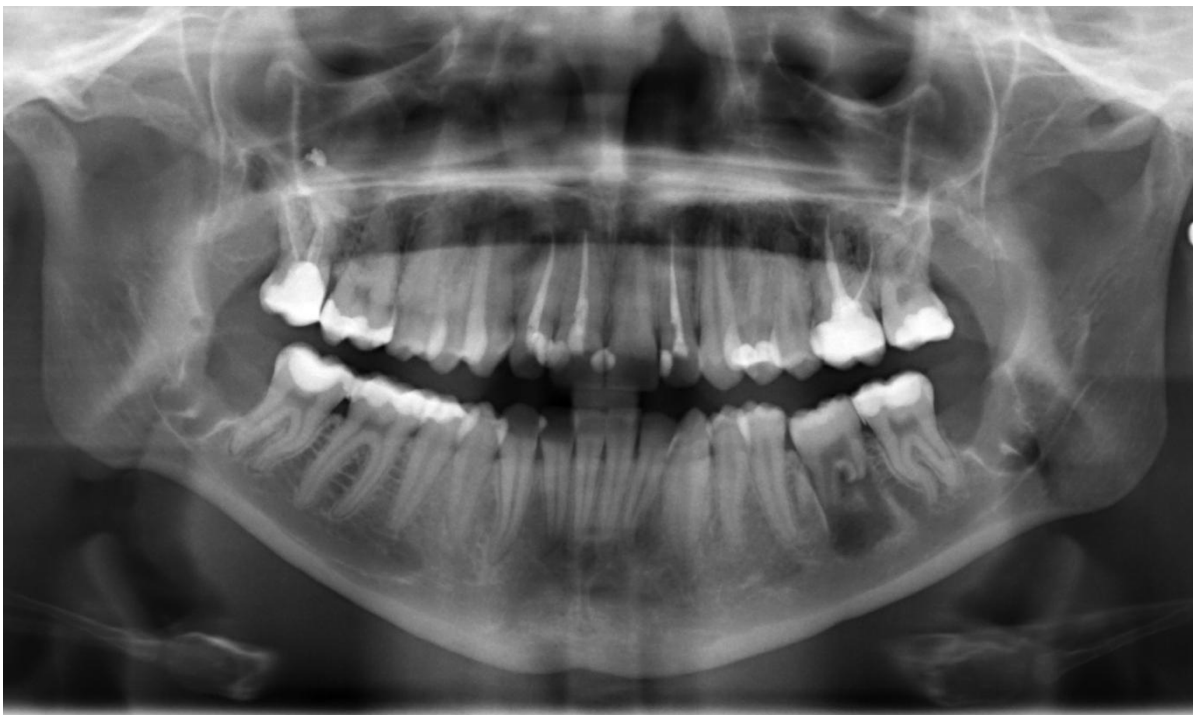


Abbildung 23: Postoperativer Zustand nach Transplantation des wurzelunreifen Zahnes 48 in regio 36. Das apikale entzündliche Gewebe wurde großzügig entfernt.



Abbildung 24: Zustand 2 Jahre postoperativ. Die mesiale Wurzel des Transplantates regio 36 zeigt ein deutliches Längenwachstum und der mesiale Wurzelkanal ist obliteriert. Auch das Pulpenkavum zeigt Obliterationsvorgänge. Der knöcherne Defekt apikal ist erkennbar abgeheilt.

4.6 Einfluss relevanter klinischer und röntgenologischer Parameter auf die Erfolgsrate

Der Einfluss der nachfolgenden Parameter auf die Erfolgsrate wurde mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests untersucht. Da es sich um eine retrospektive Studie handelte, konnten leider nicht alle Parameter bei allen Patienten retrospektiv erfasst werden. Daher geben wir die Fallzahlen zu den jeweiligen Einflussparametern an.

4.6.1 Mundhygiene

Die Mundhygiene wurde mit gut beurteilt, sofern alle drei Mundhygieneparameter (Gingiva, Plaque, Zahnstein) kleiner oder gleich 1 waren. Werte größer als eins wurden mit mäßig bis schlecht bewertet. Die Mundhygiene zeigte keinen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate (Mann-Whitney-U-Test, $p = 0,952$). Die Mundhygiene konnte allerdings nur bei 60 von 72 Fällen erhoben werden. In 10 Fällen konnte keine Mundhygiene ermittelt werden, da hier ein Verlust vor der ersten Nachuntersuchung eingetreten war. In zwei Fällen war der Patient nicht kooperativ genug, um die Mundhygieneparameter zu erheben. Dieser Umstand könnte das Ergebnis verzerren.

4.6.2 Rauchen

Die Patienten wurden in die Kategorien „Raucher“ und „Nichtraucher“ unterteilt. Der Faktor Rauchen zeigte keinen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate (Mann-Whitney-U-Test, $p = 0,280$). Das Rauchverhalten konnte in 68 von 72 Fällen erhoben werden. In 4 Fällen konnte das Rauchverhalten nicht ermittelt werden, da hier ein Verlust vor der ersten Nachuntersuchung eingetreten war und nachträglich keine Informationen bezüglich des Rauchens gewonnen werden konnten.

4.6.3 Parodontaler-Screening-Index

Patienten mit einem $PSI \leq 2$ wurden bezüglich ihrer parodontalen Situation als gut bis mäßig eingestuft. Patienten mit einem $PSI > 2$ wurden bezüglich der parodontalen Situation als schlecht eingestuft. Der PSI-Wert zeigte einen signifikanten negativen Einfluss auf die Erfolgsrate (Mann-Whitney-U-Test, $p < 0,0001$). Der PSI-Wert konnte nur bei 60 von 72 Fällen erhoben werden. In 10 Fällen konnte kein PSI ermittelt werden, da hier ein Verlust vor der ersten Nachuntersuchung eingetreten war. In zwei Fällen war der Patient nicht kooperativ genug, um den PSI zu erheben.

4.6.4 Approximalkontakte

Die Transplantate wurden bezüglich des Vorhanden- oder Nichtvorhandenseins eines Approximalkontaktes unterschieden. Das Vorhandensein eines Approximalkontaktes zeigte keinen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate (Mann-Whitney-U-Test, $p = 0,877$). Die Situation bezüglich der Approximalkontakte konnte nur bei 60 von 72 Fällen erhoben werden. In 10 Fällen konnten die Approximalkontakte nicht überprüft werden, da hier ein Verlust vor der ersten Nachuntersuchung eingetreten war. In zwei Fällen war der Patient nicht kooperativ genug, um die Approximalkontakte zu überprüfen.

4.6.5 Statische Okklusion

Die Transplantate wurden bezüglich des Vorhanden- oder Nichtvorhandenseins einer statischen Okklusion unterschieden. Das Vorhandensein einer statischen Okklusion zeigte einen signifikanten positiven Einfluss auf die Erfolgsrate (Mann-Whitney-U-Test, $p = 0,032$). Die Situation bezüglich der statischen Okklusion konnte allerdings nur bei 60 von 72 Fällen erhoben werden. In 10 Fällen konnte die statische Okklusion nicht überprüft werden, da hier ein Verlust vor der ersten

Nachuntersuchung eingetreten war. In zwei Fällen war der Patient nicht kooperativ genug, um die Statik zu überprüfen.

4.6.6 Horizontale Position

Die Zähne wurden bezüglich ihrer horizontalen Position unterschieden in Zähne mit idealer Positionierung und Zähne mit Fehlpositionierung (z.B. Rotation) im Zahnbogen. Die horizontale Position zeigte keinen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate (Mann-Whitney-U-Test, $p = 0,169$). Die Situation bezüglich der horizontalen Position konnte bei 62 von 72 Fällen erhoben werden. In 10 Fällen konnten die Zähne nicht hinsichtlich der horizontalen Position untersucht werden, da hier ein Verlust vor der ersten Nachuntersuchung eingetreten war.

4.6.7 Obliteration des Wurzelkanalsystems

Die Zähne wurden zum Nachuntersuchungszeitpunkt röntgenologisch auf Obliteration des Wurzelkanalsystems hin bewertet. Dabei wurden Zähne ohne Obliteration von Zähnen mit teilweiser oder vollständiger Obliteration unterschieden. Die Obliteration des Kanalsystems zeigte keinen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate (Mann-Whitney-U-Test, $p = 0,498$). Die Situation bezüglich der Obliteration konnte bei 62 von 72 Fällen erhoben werden. In 10 Fällen konnten die Zähne nicht hinsichtlich der Obliteration untersucht werden, da hier ein Verlust vor der ersten Nachuntersuchung eingetreten war.

4.6.8 Zahnalter

22 Transplantate wiesen zum Operationszeitpunkt einen offenen Apex auf. Die Erfolgsrate für diese Zähne lag bei 82% (18/22 Zähnen). 50 Zähne wurden mit geschlossenem Apex transplantiert, die Erfolgsquote lag hier bei lediglich 42% (21/50 Zähnen).

Das dentale Alter zeigte demzufolge einen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate (Mann-Whitney-U-Test, $p = 0,002$). Die Situation bezüglich des dentalen Alters konnte bei allen 72 Fällen erhoben werden. Abbildung 25 zeigt die Verteilung von Erfolg und Misserfolg in Abhängigkeit vom dentalen Alter zum Transplantationszeitpunkt.

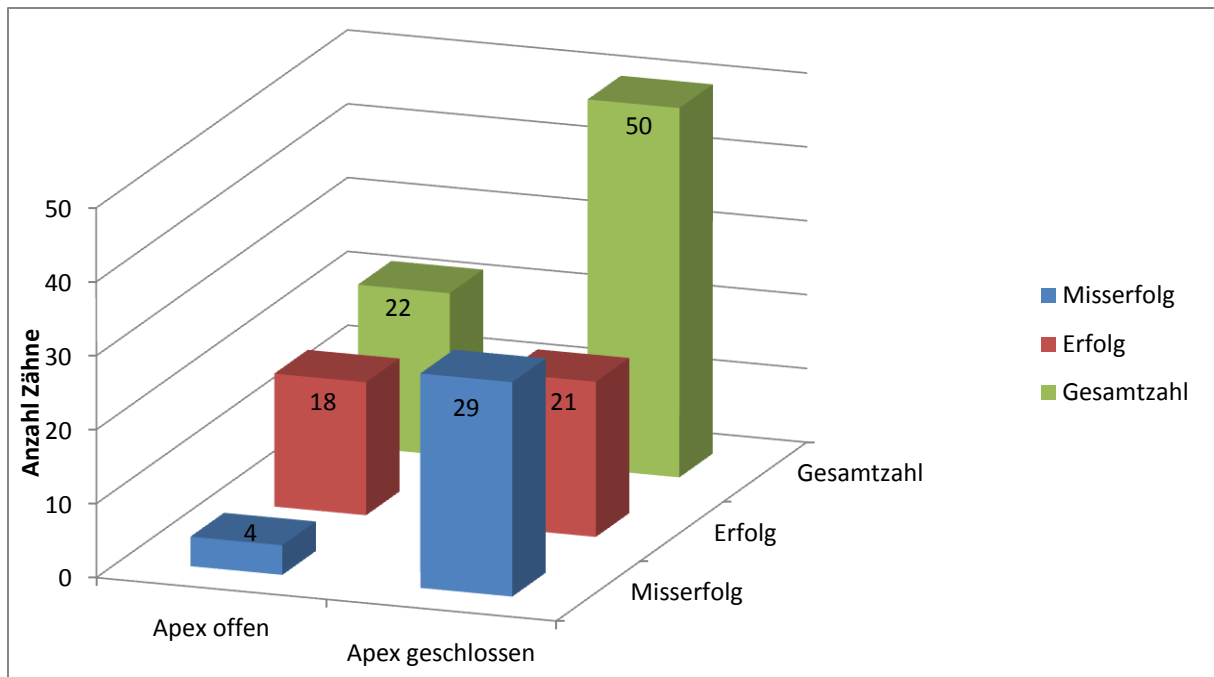


Abbildung 25: Verteilung von Erfolg und Misserfolg bei offenem und geschlossenem Apex zum Transplantationszeitpunkt.

4.6.8.1 Zahnalter und Überlebensrate

22 Transplantate wiesen zum Operationszeitpunkt einen offenen Apex auf. Die Überlebensrate für diese Zähne lag bei 100% (22/22 Zähnen). 50 Zähne wurden mit geschlossenem Apex transplantiert, die Überlebensrate lag hier bei 80% (40/50 Zähnen).

Das dentale Alter zeigte demzufolge einen signifikanten Einfluss auf die Überlebensrate (Mann-Whitney-U-Test, $p = 0,025$). Die Situation bezüglich des dentalen Alters konnte bei allen 72 Fällen erhoben werden. Abbildung 26 zeigt die Verteilung von Überleben und Verlust in Abhängigkeit vom dentalen Alter zum Transplantationszeitpunkt.

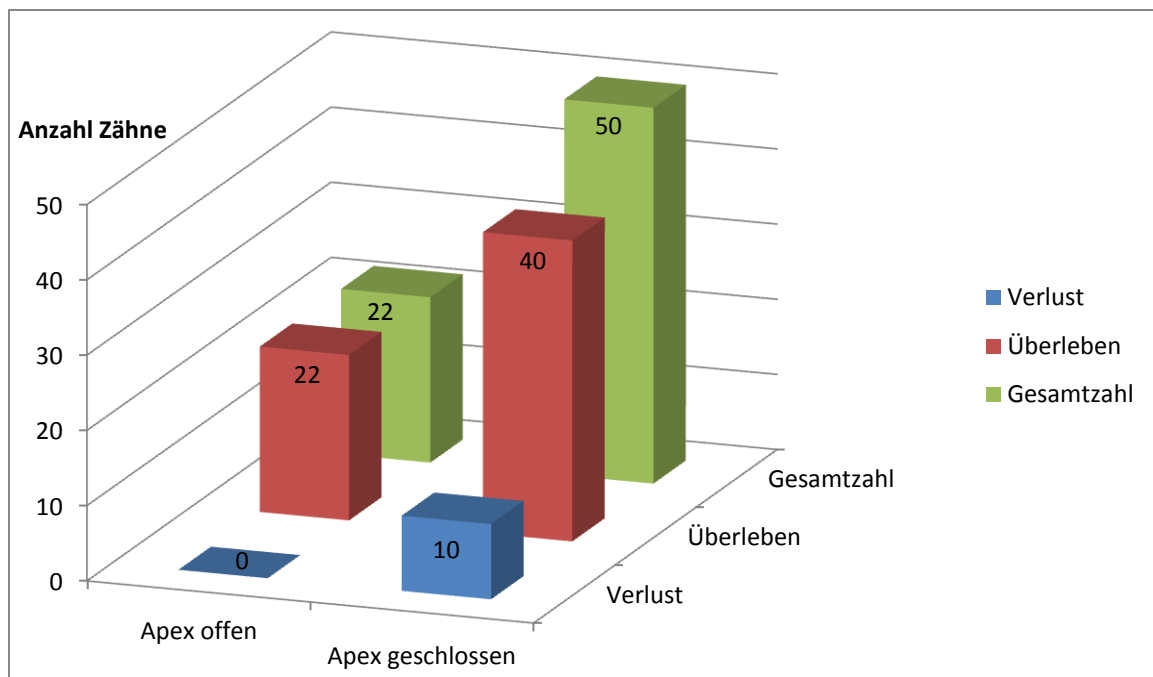


Abbildung 26: Verteilung von Überleben und Verlust bei offenem und geschlossenem Apex zum Transplantationszeitpunkt.

4.6.9 Geschlecht

Insgesamt wurden 36 Transplantate bei männlichen und 36 Transplantate bei weiblichen Patienten nachuntersucht. Die Erfolgsrate betrug bei männlichen Patienten 47,2% (17/36 Zähnen) und bei weiblichen Patienten 61,1% (22/36 Zähnen).

Das Geschlecht zeigte keinen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate (Mann-Whitney-U-Test, $p = 0,240$). Die Situation bezüglich der Geschlechterverteilung konnte bei allen 72 Fällen erhoben werden.

4.6.10 Entnahme- und Empfängerregion

Die Erfolgsrate bezüglich der Spenderzähne lag für Oberkiefer Weisheitszähne bei 50% (17/34), für Unterkiefer Weisheitszähne bei 54,8% (17/31), für Unterkiefer Prämolaren bei 100% (3/3 Zähne) und für Milch-Eckzähne bei 50% (2/4 Zähnen).

Die Entnahme aus Ober- oder Unterkiefer zeigte keinen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate (Mann-Whitney-U-Test, $p = 0,357$). Die Situation bezüglich der Entnahmeregion konnte bei allen 72 Fällen erhoben werden.

In 90% (65/72 Zähnen) der Fälle wurde in dieser Studie ein Weisheitszahn als Spenderzahn eingesetzt. Abbildung 27 zeigt die Verteilung von Erfolg und Misserfolg

in Abhängigkeit von der Entnahmeregion. Tabelle 5 führt die Erfolgsraten der Weisheitszähne in ihrer Funktion als Spender auf.

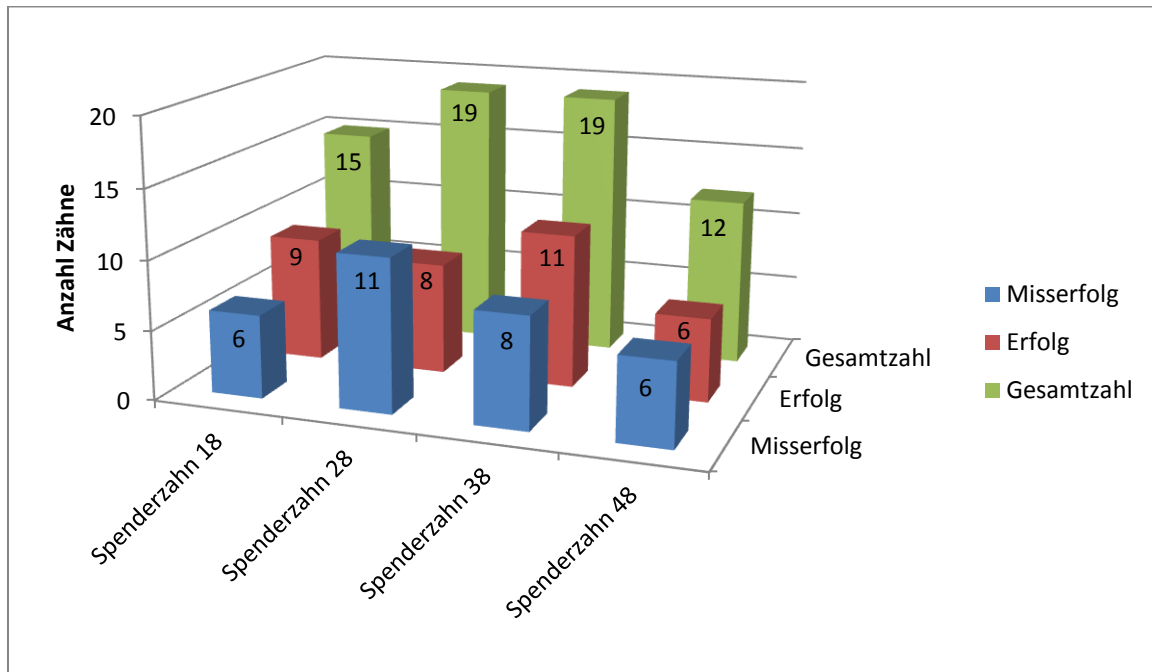


Abbildung 27: Verteilung von Erfolg und Misserfolg in Abhängigkeit von der Entnahmeregion.

Spenderzahn	Erfolgsrate
18	60%
28	42%
38	58%
48	50%

Tabelle 5: Erfolgsraten der Weisheitszähne in ihrer Funktion als Spender.

Die oben genannten Weisheitszähne wurden in 99% der Fälle (64/65 Zähnen) in den Molarenbereich transplantiert. Die Abbildungen 28 und 29 zeigen die Verteilung von Erfolg und Misserfolg in Abhängigkeit von der Empfängerregion und die Tabellen 6 und 7 zeigen die Erfolgsraten der jeweiligen Empfängerregionen.

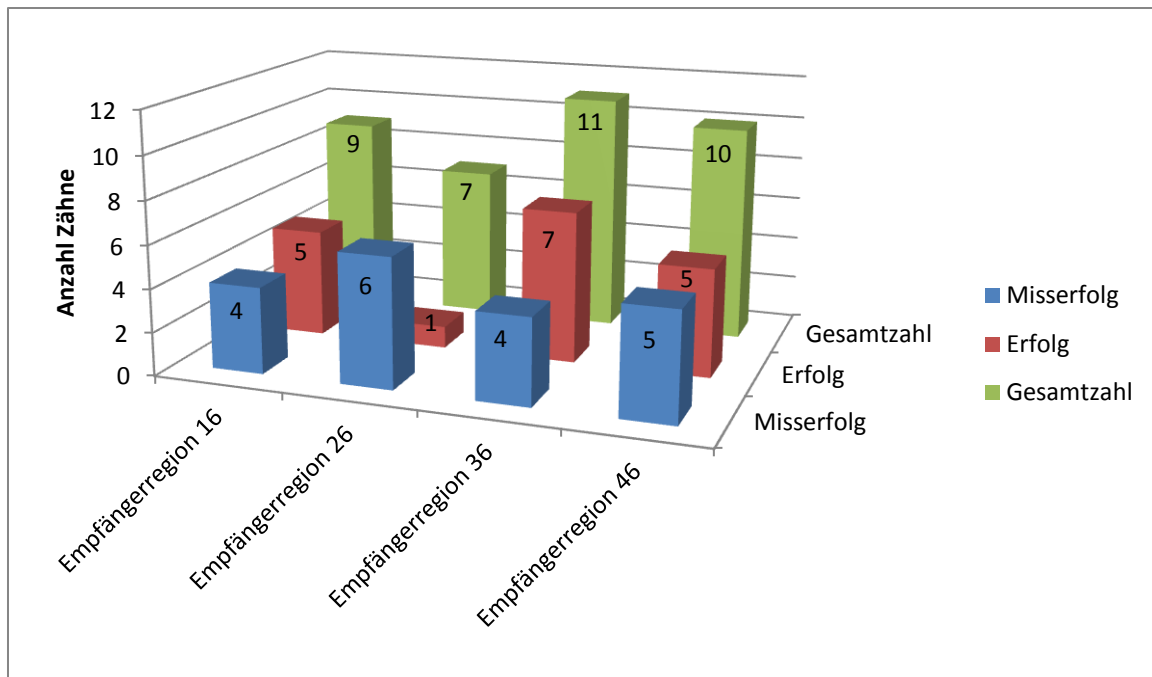


Abbildung 28: Verteilung von Erfolg und Misserfolg für den Bereich des 1. Molaren als Empfängerregion.

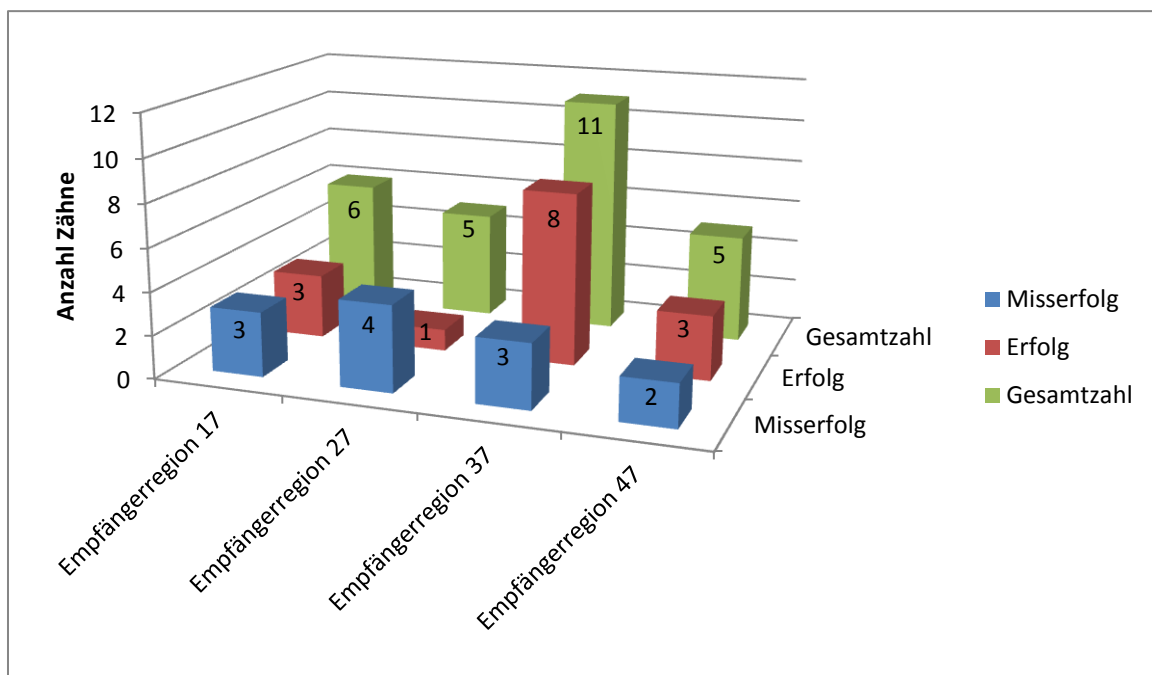


Abbildung 29: Verteilung von Erfolg und Misserfolg für den Bereich des 2. Molaren als Empfängerregion.

Empfängerregion	Erfolgsrate
16	56%
26	14%
36	64%
46	50%

Tabelle 6: Erfolgsraten für den Bereich des 1. Molaren als Empfängerregion

Empfängerregion	Erfolgsrate
17	50%
27	20%
37	73%
47	60%

Tabelle 7: Erfolgsraten für den Bereich des 2. Molaren als Empfängerregion

4.6.11 Wurzelanatomie der Spenderzähne

Die Spenderzähne wurden nochmals bezüglich ihrer Wurzelanzahl unterschieden. Die Erfolgsrate lag für einwurzelige Zähne bei 52,2% (21/40 Zähnen) und für zweiwurzelige Zähne bei 56,2% (18/32 Zähnen). Die Wurzelanzahl zeigte keinen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate (Mann-Whitney-U-Test, $p = 0,753$). Die Situation bezüglich der Wurzelanzahl konnte bei allen 72 Fällen erhoben werden.

4.7 Zusätzliche Erhebungen

4.7.1 Wurzellänge und Wurzellängenzuwachs

Die Messtoleranz lag bei durchschnittlich $0,26 \text{ mm} \pm 1,54 \text{ mm}$ (Mittelwert, MW \pm Standardabweichung, SD). Somit wurden nur Messwerte $> 1,80 \text{ mm}$ und $< -1,27 \text{ mm}$ als tatsächliche Änderung der Wurzellänge gewertet.

Die Änderung der Wurzellänge Δ_{WL} ergab für $n = 62$ Zähne einen Messbereich von $-0,71 \text{ mm}$ bis $+7,53 \text{ mm}$, einen Mittelwert von $0,22 \text{ mm}$ mit Standardabweichung von $\pm 2,78 \text{ mm}$.

Es kam zu einer Abnahme der Wurzellänge in 18 Fällen (29%), zu einer Zunahme in 14 Fällen (21%) und in 30 Fällen lag die Veränderung der Wurzellänge innerhalb der Messtoleranz.

4.7.2 Knochenlevel

Die Änderung des Knochenlevels Δ_{KL} ergab für $n = 62$ Zähne einen Messbereich von $-1,30\%$ bis $+28,00\%$, einen Mittelwert von $0,28\%$ und eine Standardabweichung von $\pm 15,03\%$.

Die Messtoleranz lag bei durchschnittlich $-0,59\% \pm 7,41\%$ (Mittelwert, MW \pm Standardabweichung, SD). Somit wurden nur Messwerte $> 6,82\%$ und $< -8,00\%$ als tatsächliche Änderung des Knochenlevels gewertet.

Das heißt, es kam zu einer Abnahme des Knochenlevels in 13 Fällen (21,0%), zu einer Zunahme in 19 Fällen (30,6%) und in 30 Fällen lag die Veränderung des Knochenlevels innerhalb der Messtoleranz.

4.7.3 Wurzelresorption

47 von 62 Transplantaten (75,8%) zeigten bei der radiologischen Nachuntersuchung keine Resorptionserscheinungen.

Bei 15 Transplantaten (24,2%) zeigten sich Resorptionserscheinungen, die gemäß der radiologischen Erfolgsparameter zur Wertung als Misserfolg führten. In Abbildung 30 ist die Verteilung der verschiedenen Resorptionsarten, wie sie in unserem Kollektiv beobachtet wurden, dargestellt.

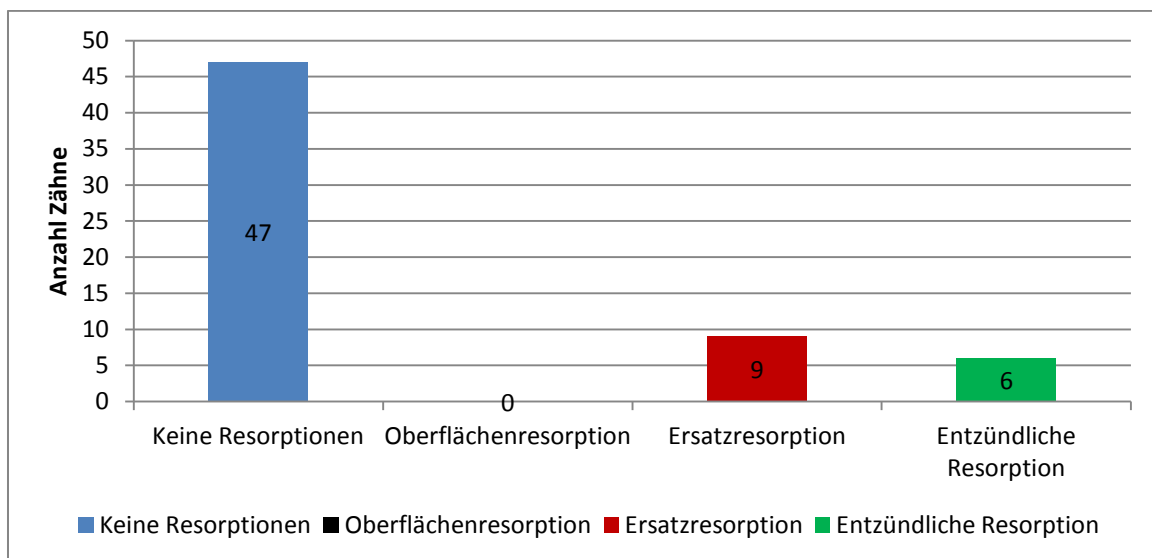


Abbildung 30: Verteilung der aufgetretenen Resorptionsarten. Die Zahlen innerhalb der Balken geben die Anzahl der betroffenen Zähne wieder.

Dabei fanden sich bei 9 Transplantaten (14,5%) Ersatzresorptionen, wie an einem Beispiel in Abbildung 31 gezeigt. Der Ausschnitt aus einem Orthopantomogramm auf der linken Seite zeigt die postoperative Situation direkt nach der Transplantation des Zahnes 18 in regio 47. Der Ausschnitt auf der rechten Seite zeigt die Situation ein Jahr postoperativ. Hier ist die Wurzel deutlich verkürzt und abgerundet, entzündliche Radioluzenzen liegen nicht vor. Die Radioluzenz kaudal der abgerundeten,

ankylosierenden Wurzel zeigt die langsam verknöchernde Extraktionsalveole von 47. Klinisch zeigte der Zahn Lockerungsgrad 0.



Abbildung 31: Ersatzresorption am Transplantat regio 47.

Bei 6 Transplantaten (9,7%) traten entzündliche Resorptionen auf, wie beispielhaft in den Abbildungen 32 bis 34 gezeigt. Der Ausschnitt auf der linken Seite zeigt in Abbildung 32 die postoperative Situation direkt nach der Transplantation des Zahnes 28 in regio 26. Der Ausschnitt auf der rechten Seite zeigt die Situation 5 Jahre postoperativ. Die Wurzel ist deutlich resorbiert und die periapikale Radioluzenz weist auf eine chronische Parodontitis apicalis hin.



Abbildung 32: Entzündliche Resorption am Transplantat regio 26.



Abbildung 33: Postoperativer Befund nach Transplantation des Zahnes 38 in regio 46.



Abbildung 34: Bereits 4 Monate nach der Transplantation wurde die Wurzel des Transplantates zu weiten Teilen entzündlich resorbiert.

4.7.4 Endodontischer Therapiebedarf

4.7.4.1 Transplantate mit offenem Apex

Zum Transplantationszeitpunkt wiesen 22/72 Transplantaten (30,6%) einen offenen Apex auf.

Im Sensibilitätstest reagierten 16/22 wurzelunreifen Transplantaten positiv (72,7%). Keines der Transplantate mit offenem Apex wies eine Perkussionsempfindlichkeit auf.

Drei von 22 Transplantaten zeigte neben einem negativen Sensibilitätstest entzündliche Resorptionserscheinungen mit periapikale Radioluzenzen und damit die akute Notwendigkeit zur Wurzelkanalbehandlung. Eine Übersicht zum endodontischen Therapiebedarf der Transplantate findet sich in Tabelle 8.

	Sensibilität negativ	Sensibilität - Perkussion +	Sensibilität - und Resorptions- erscheinungen	Sensibilität - und Obliteration
Anzahl wurzelunreifer Transplantate	6	0	3	3

Tabelle 8: Übersicht zum endodontischen Therapiebedarf von Transplantaten mit offenem Apex

Wie bereits oben erwähnt, reagierten zum Nachuntersuchungszeitpunkt 16/22 Transplantate bei primär offenem Apex positiv auf den Sensibilitätstest. 10 dieser 16 vitalen Transplantate (62,5%) zeigten Zeichen von Obliteration im Röntgenbild.

3/6 Transplantaten (50%), die im Sensibilitätstest eine negative Reaktion zeigten, wiesen in der radiologischen Auswertung eine Obliteration der Pulpa auf. Bei diesen Zähnen bestand daher kein akuter endodontischer Therapiebedarf.

4.7.4.2 Transplantate mit geschlossenem Apex

Zum Transplantationszeitpunkt wiesen 50/72 Transplantaten (69,4%) einen geschlossenen Apex auf. Generell ist bei jedem dieser Transplantate eine Wurzelkanalbehandlung angezeigt, da von einer nekrotischen Pulpa ausgegangen werden muss.

Vierzig von 50 Transplantaten, die mit geschlossenem Apex transplantiert wurden konnten nachuntersucht werden. Keines dieser Transplantate wies eine positive Reaktion im Sensibilitätstest auf, und keines dieser Transplantate zeigte sich perkussionsempfindlich. 3/40 Zähnen (7,5%) wiesen eine entzündliche Resorption und periapikale Läsionen im Röntgenbild auf. 9/40 Zähnen (22,5%) wiesen Ersatzresorptionen auf. Auf diese Weise wiesen 30% (12/40) der Zähne die mit

geschlossenem Apex transplantiert wurden akuten endodontischen Versorgungsbedarf auf. In Abbildung 35 findet sich eine Übersicht zum akuten Therapiebedarf bei Zähnen mit geschlossenem Apex.

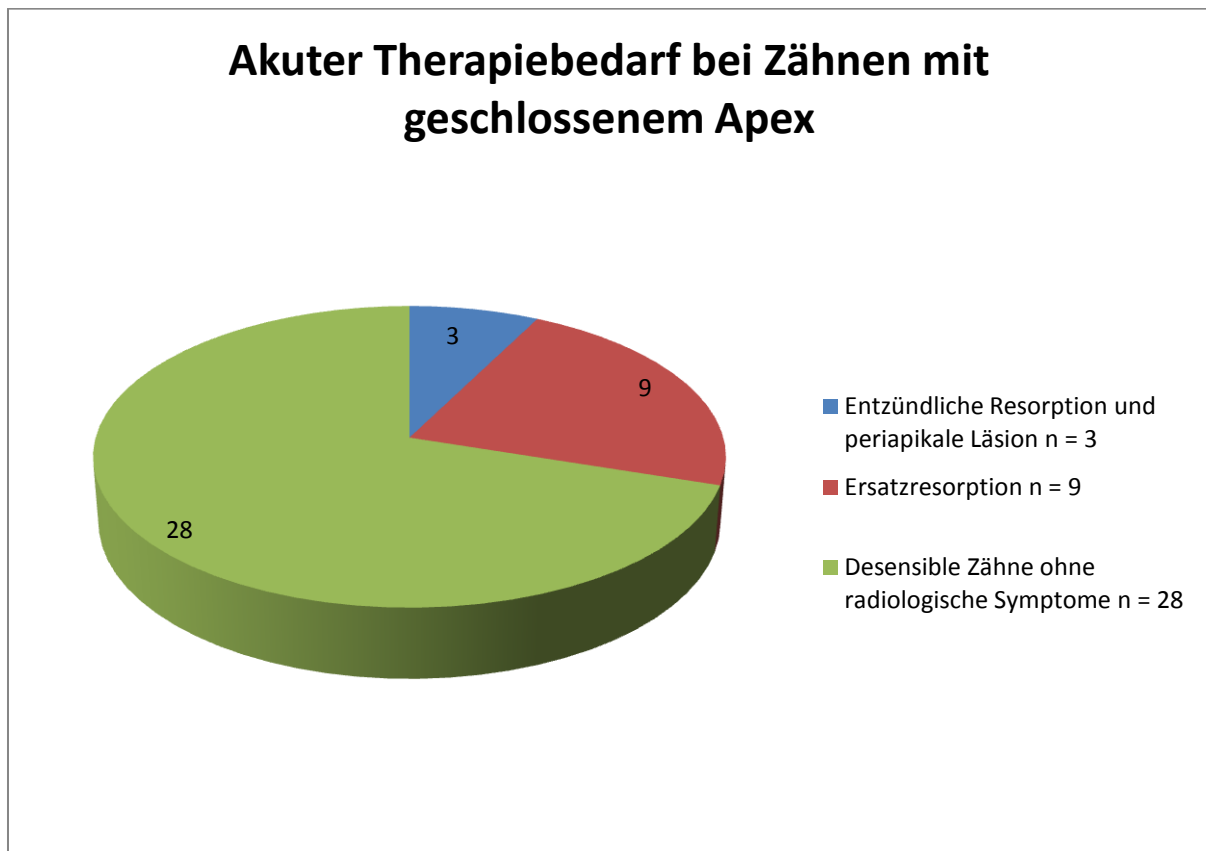


Abbildung 35: Akuter Therapiebedarf bei Zähnen mit geschlossenem Apex.

4.8 Patientenzufriedenheit

50/57 Patienten (87,7%) beantworteten den Fragebogen zur Patientenzufriedenheit, 7 lehnten die Befragung ab.

In Form einer numerischen Analogskala mit Schulnoten von 1 - 6 wurde die Zufriedenheit der Studienteilnehmer zu verschiedenen Aspekten ermittelt. Folgende Bewertungen wurden abgegeben:

Erwartungen bezüglich des Operationsergebnisses erfüllt: 1,2. Persönliche Einschätzung des Erfolges der Operation: 1,3. Zufriedenheit mit dem ästhetischen Ergebnis: 1,4. Beschwerden nach der Operation: 2,5. Beschwerden zum aktuellen Zeitpunkt: 1,3. Gesamt-Notendurchschnitt: 1,5.

Eine Übersicht über die Bewertungen gibt Abbildung 36.

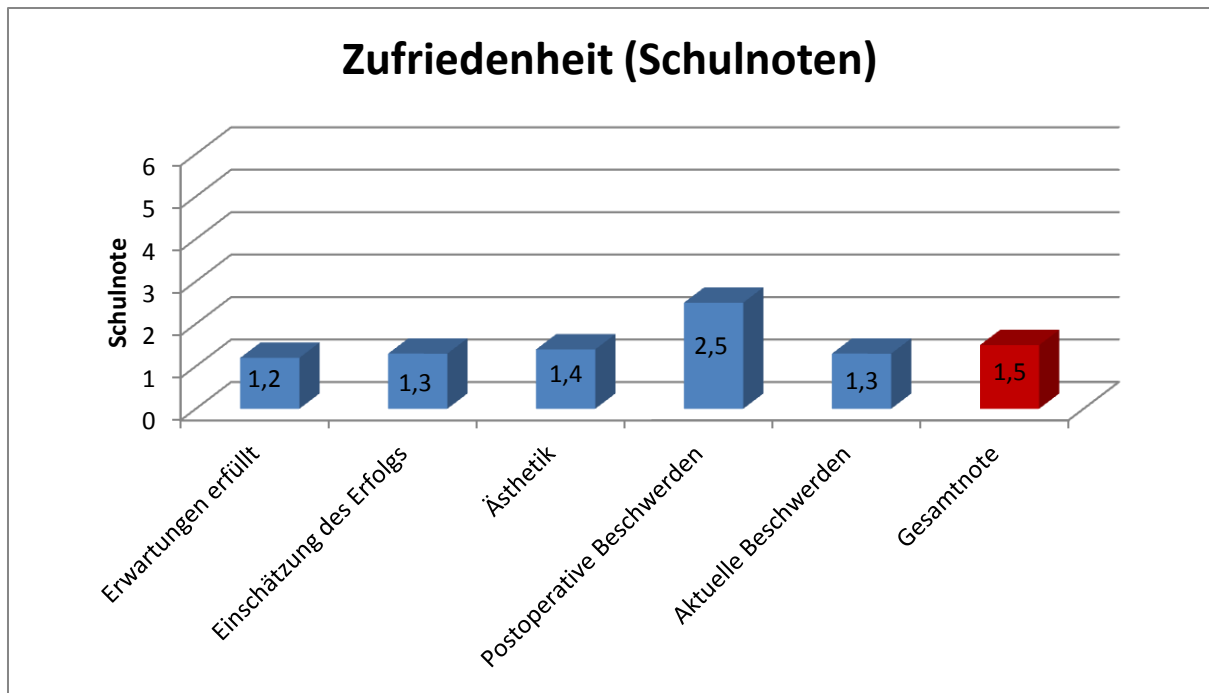


Abbildung 36: Zufriedenheit der Patienten mit der Zahntransplantation. Die Zahlen in den Säulen geben die durchschnittliche Benotung an.

Auf die Frage, ob sich die Studienteilnehmer gegebenenfalls noch einmal einer autogenen Zahntransplantation unterziehen würden, antworteten 48/50 mit ja (96,0%) und 2/50 mit nein (4,0%).

Auf die Frage, ob die Studienteilnehmer die autogene Zahntransplantation weiterempfehlen würden, antworteten 48/50 mit ja (96,0%), 2/50 mit nein (4,0%).

19/50 (38,0%) Patienten wurden durch den behandelnden Chirurgen auf die Möglichkeit der autogenen Zahntransplantation aufmerksam, 18/50 (36,0%) durch ihren Hauszahnarzt, 9/50 (18,0%) durch ihren Kieferorthopäden und 4/50 (8,0%) machten keine Angaben dazu.

23/50 (46,0%) der Patienten erwarteten, dass ihr Transplantat lebenslang oder mindestens so lange wie die anderen bleibenden Zähne in der Mundhöhle überlebt, 6/50 (12,0%) erwarteten eine Überlebenszeit des Transplantates von 5 – 10 Jahren, 11/50 (22,0%) erwarteten 10 – 15 Jahre und 10/50 (20,0%) wollten keine Schätzung abgeben.

5 Diskussion

Die retrospektive Nachuntersuchung von 72 autogenen Zahntransplantaten ergab eine Erfolgsrate von 54,2% und eine Überlebensrate von 86,1% bei einem mittleren Beobachtungszeitraum von 22,6 Monaten postoperativ. In 50 Fällen wurden Zähne mit geschlossenem und in 22 Fällen Zähne mit offenem Foramen apicale transplantiert.

Einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate zeigten das dentale Alter, der Parodontale Screening Index und das Vorhandensein von statischer Okklusion. Keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate dagegen zeigten die Qualität der Mundhygiene, das Rauchverhalten, das Vorhandensein oder Fehlen von Approximalkontakten, die horizontale Position, die Obliteration des Pulpenkavums und der Wurzelkanäle, das Geschlecht, die Entnahmeregion des Transplantats sowie die Wurzelanatomie des Spenderzahnes.

Wurzelresorptionen unterschiedlichen Ausmaßes zeigten sich in 21% der Fälle (15 von 72 Zähnen).

Postoperatives Wurzelwachstum war in 19% der Fälle (14 von 72 Zähnen) feststellbar und eine Zunahme des Knochenlevels ergab sich in 26% (19 von 72 Zähnen).

Die Zufriedenheit der Studienteilnehmer mit dem Ergebnis der autogenen Zahntransplantation war mit einer Gesamtnote von 1,5 insgesamt sehr hoch. 96% würden sich einer weiteren Transplantation unterziehen oder die Behandlungsmethode weiterempfehlen.

5.1 Interpretation der Studienergebnisse und aktuelle Studienlage

5.1.1 Erfolgs- und Überlebensrate

Zahlen zur Erfolgs- und Überlebensrate autogener Zahntransplantate finden sich in vielen Studien. Die Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Studien ist jedoch aufgrund des variablen methodischen Aufbaus problematisch und oft wird der Begriff Erfolgsrate verwendet, obwohl die Überlebensrate gemeint ist [Pogrel, 1987]. Die Überlebensrate bezeichnet in diesem Zusammenhang den Anteil überlebender Zähne an der Gesamtheit der transplantierten Zähne, ohne die funktionelle Qualität der Transplantate zu beleuchten. Die Erfolgsrate hingegen ist an genau definierte

Erfolgskriterien gebunden und führt zu einer strengeren Selektion der Transplantate im Hinblick auf ihren Erfolg, weshalb diese in der Regel deutlich niedriger als die Überlebensrate ausfällt [Hinrichs, 2005].

Betrachtet man verschiedene Studien der letzten Jahre, so werden ganz unterschiedliche, im Schnitt aber höhere Erfolgsraten als in dieser Studie genannt. Eine retrospektive Studie zur autogenen Transplantation von 215 Zähnen ergab nach klinischer und röntgenologischer Untersuchung eine Erfolgsrate von 81,3% und eine Überlebensrate von 88,4% bei einem mittleren Beobachtungszeitraum von 4,8 Jahren [Kvint *et al.*, 2010]. Eine weitere retrospektive Studie zur autogenen Transplantation von 12 Prämolaren in den Frontzahnbereich nach traumatischem Zahnverlust ergab nach klinischer und röntgenologischer Untersuchung eine Erfolgsrate von 80% bei einem Beobachtungszeitraum von 14 Jahren [Mendoza-Mendoza *et al.*, 2012]. Die Ursache für die höhere Erfolgsrate in diesem Fall ist unter anderem auf die unterschiedliche klinische Ausgangssituation zurückzuführen, die zur Versorgung mit einem Zahntransplantat führte. Mendoza-Mendoza und Mitarbeiter transplantierten in allen 12 genannten Fällen Prämolaren nach traumatischem Frontzahnverlust. In unserer Studie bildete der traumatische Zahnverlust als Indikation zur Transplantation nur eine kleine Gruppe. In lediglich 4,3% der Fälle (n = 3 Zähne) wurde nach traumatischem Zahnverlust eine Zahntransplantation durchgeführt. Die weitaus häufigere Ursache (34,7%, n = 25), die zur Zahntransplantation führte, bildeten Zähne mit apikaler Parodontitis nach erfolgloser Wurzelkanalbehandlung. Die Extraktion des apikal beherdeten Zahnes und die Transplantation erfolgten in unserer Studie einzzeitig. Eine chronische periapikale Entzündung könnte bei sofortiger Versorgung nach Extraktion das Risiko eines Misserfolges bergen, wie auch prospektive Studien mit Implantaten belegen [Lindeboom *et al.*, 2006; Casap *et al.*, 2007]. Dies könnte die geringere Erfolgsrate in unserem Fall erklären. Generell wird die Sofortimplantation zwar auch bei chronischer apikaler Parodontitis als empfehlenswert angesehen [Crespi *et al.*, 2010], allerdings ist ein sorgfältiges Débridement der Alveole und damit die Entfernung jeglichen entzündlichen Gewebes Voraussetzung für eine erfolgreiche Versorgung [Waasdorp *et al.*, 2010]. Auf diesen Umstand wurde selbstverständlich auch in unserer Studie geachtet. Der Verbleib apikalen entzündlichen Gewebes nach Zahnextraktion und die sofortige Transplantation stellen also einen möglichen Grund für ein erhöhtes Misserfolgsrisiko dar.

Die Verteilung von Erfolg und Misserfolg sowie Überleben und Verlust ist in den Abbildungen 37 und 38 dargestellt. Fälle, in denen nicht erhaltungswürdige Zähne aufgrund von apikaler Parodontitis nach erfolgloser Wurzelkanalbehandlung durch ein Transplantat ersetzt wurden, zeigten hier eine Erfolgsrate von 60% (15 von 25 Zähnen) und eine Überlebensrate von 80% (20 von 25 Zähnen). Um die Erfolgsrate zu steigern, ist als Konsequenz aus diesem Ergebnis ein zweizeitiges Vorgehen zu erwägen, bei dem nach der Extraktion die vollständige Ausheilung der apikalen Infektion abgewartet wird. In 6% der Fälle (4 von 72 Zähnen) wurde eine Zahntransplantation durchgeführt, bei der ein nicht angelegter Zahn ersetzt wurde. Hier entspricht die Ausgangssituation der einer vollständig abgeheilten Extraktionsalveole. Die Erfolgsrate bei den Nichtanlagen betrug 100% (4 von 4 Zähnen).

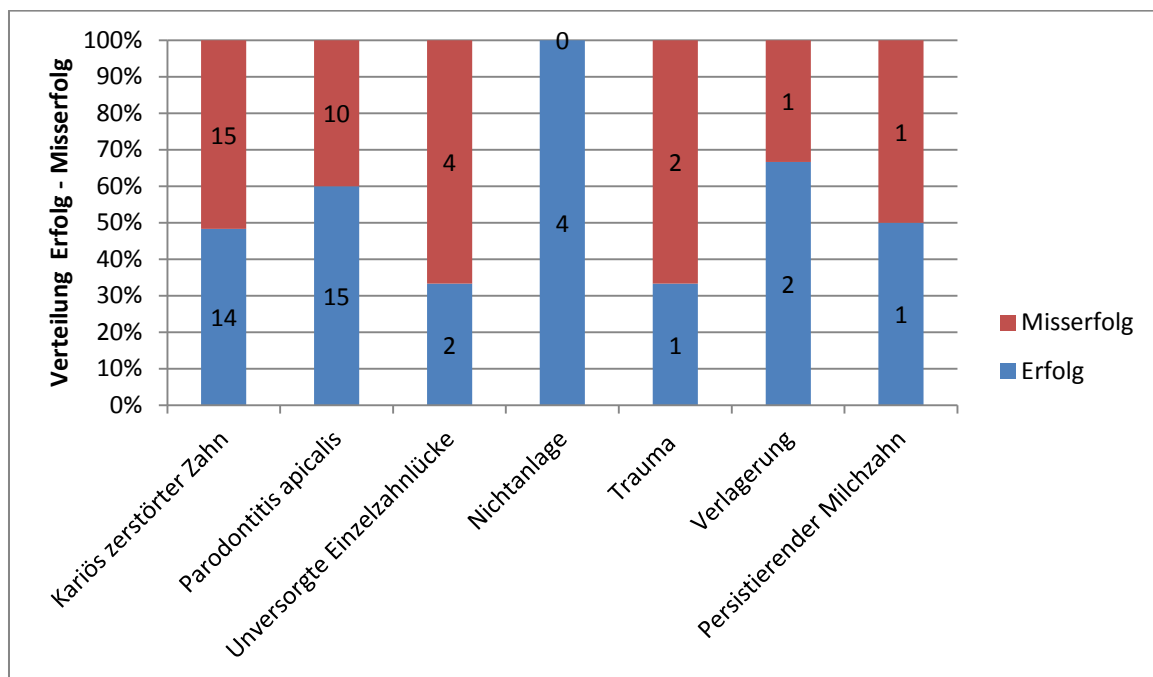


Abbildung 37: Verteilung von Erfolg und Misserfolg bezüglich der einzelnen Indikationen, die zur Zahntransplantation führten. Die Zahlen innerhalb der Balken stellen die Anzahl der Zähne dar, die als Erfolg oder Misserfolg gewertet wurden (n = 72 Zähne, N = 57 Patienten).

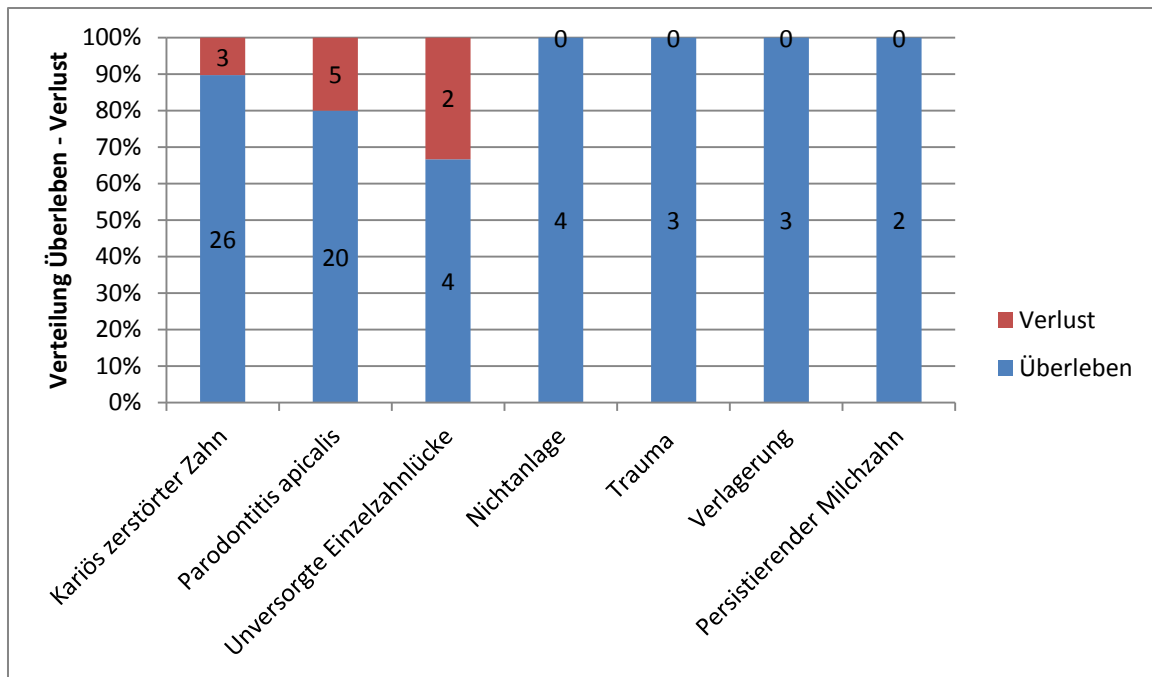


Abbildung 38: Verteilung von Überleben und Verlust bezüglich der einzelnen Indikationen die zur Zahntransplantation führten. Die Zahlen innerhalb der Balken geben die jeweilige Anzahl der Zähne bei Verlust und Überleben an (n = 72 Zähne, N = 57 Patienten).

5.1.2 Einflüsse auf die Erfolgsrate

Statistisch signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate zeigten das dentale Alter, der PSI-Wert und das Vorhandensein von statischer Okklusion. Hier ist die verhältnismäßig geringe Fallzahl der Studie einschränkend anzumerken.

5.1.2.1 Dentales Alter

In dieser Studie war bei 22 Transplantaten zum Operationszeitpunkt das Wurzelwachstum noch nicht abgeschlossen. Die Erfolgsrate für diese Zähne lag bei 81,8% (18 von 22 Zähnen). Dagegen wurden 50 Zähne mit geschlossenem Apex transplantiert, wobei hier die Erfolgsquote vergleichsweise niedrig ausfiel (42%). Der Einfluss des Stadiums der Wurzelentwicklung scheint also enorm zu sein, wobei eine Literaturrecherche nahelegt, dass die niedrigere Erfolgsrate der Zähne mit geschlossenem Apex auch durch das Fehlen einer sofortigen endodontischen Behandlung nach Transplantation mit bedingt sein könnte [Bae *et al.*, 2010]. Ähnlich wie in der vorliegenden Studie wurden auch in anderen Studien hohe Erfolgsraten für Transplantate mit offenem Apex gefunden, die die günstige Prognose für diese Art der Transplantation belegen. Als bester Zeitpunkt für die Transplantation wird je nach

Studie eine halb bis dreiviertel entwickelte Wurzel angegeben [Andreasen *et al.*, 2009; Kallu *et al.*, 2005; Bauss *et al.*, 2004; Lundberg und Isaksson, 1996].

Dass aber nicht grundsätzlich von viel niedrigeren Erfolgsraten ausgegangen werden muss, wenn Zähne mit geschlossenem Apex transplantiert werden, zeigen verschiedene andere Studien. In einer retrospektive Studie mit 19 transplantierten Zähnen betrug die Erfolgsrate 84% [Bae *et al.*, 2010]. Alle 19 Zähne wurden mit geschlossenem Apex transplantiert. Anders als in unserer Untersuchung wurden hier alle Transplantate endodontisch behandelt, zum Teil bereits vor der Transplantation. Spätestens zwei Wochen nach der Transplantation war die endodontische Versorgung aller transplantierten Zähne abgeschlossen. Zusätzlich schlägt der Autor im Hinblick auf eine höhere Erfolgswahrscheinlichkeit vor, Zähne mit möglichst einfacher Wurzelanatomie für die Transplantation zu wählen. Auch in anderen Studien finden sich Angaben über höhere Erfolgsraten bei Zähnen mit geschlossenem Apex als in unserer Studie. Tsukiboshi berichtete eine Überlebensrate von 90% und eine Erfolgsrate von 82% für 250 beobachtete Fälle über 6 Jahre [Tsukiboshi, 2002]. Lundberg und Isaksson berichteten bei 278 beobachteten Fällen ähnlich wie in unserer Studie von einer höheren Erfolgsrate für Zähne, die mit offenem Apex transplantiert wurden (94%) als für Zähne die mit geschlossenem Apex transplantiert wurden (84%). Zähne mit geschlossenem Apex wurden innerhalb eines Zeitraums von drei Wochen nach der Transplantation wurzelbehandelt, wobei zunächst eine Calcium-Hydroxid Einlage von bis zu einem Jahr und später eine Wurzelfüllung mit Guttapercha vorgenommen wurde [Lundberg und Isaksson, 1996;]. Dabei ist die Qualität der Wurzelfüllung für den langfristigen Erfolg von großer Bedeutung. Watanabe fand im Rahmen einer Studie mit 38 Transplantaten über einen Beobachtungszeitraum von 6 Jahren eine Häufung von pathologischen radiologischen Befunden bei inadäquat wurzelgefüllten Transplantaten [Watanabe *et al.*, 2010]. Da die Wurzelkanalanatomie von Weisheitszähnen häufig keiner Regel folgt und die Behandlung entsprechend kompliziert ist, sind insuffiziente Wurzelfüllungen wahrscheinlicher. Somit ist Transplantaten mit einfacher Wurzelanatomie, die eine regelhafte Wurzelfüllung ermöglichen oder Zähnen mit offenem Apex der Vorzug bei der Transplantation zu geben [Bae *et al.*, 2010; Watanabe *et al.*, 2010].

Der Beobachtungszeitraum in der vorliegenden Studie betrug im Mittel 22,6 Monate postoperativ. Dass aber auch eine langfristig positive Perspektive für Zähne, die mit offenem Apex transplantiert wurden, besteht, legt eine Studie mit einer mittleren Beobachtungsdauer von 26,4 Jahren nahe [Czochrowska *et al.*, 2002]. Als klinische Erfolgsparameter wurden auch hier der Lockerungsgrad und die Taschensondierungstiefe sowie als röntgenologische Erfolgsparameter Knochenheilung und Fehlen von Wurzelresorptionen zugrundegelegt. Bei 30 nachuntersuchten Zähnen ergab sich eine Überlebensrate von 90% und eine Erfolgsrate von 79% bei einer Beobachtungsdauer von 26,4 Jahren.

5.1.2.2 Parodontaler Screening Index

Der PSI-Wert zeigte einen signifikant negativen Einfluss auf die Erfolgsrate (Mann-Whitney-U-Test, $p < 0,0001$). Patienten mit einem $PSI \leq 2$ wurden bezüglich ihrer parodontalen Situation als gut bis mäßig eingestuft, Patienten mit einem $PSI > 2$ wurden bezüglich der parodontalen Situation als schlecht eingestuft. Diese Einteilung erschien deshalb sinnvoll, weil ein PSI Code von 3 oder 4 eine mittelschwere oder schwere Parodontitis anzeigt und mit einer Taschensondierungstiefe von mehr als 3,5 mm korreliert. Zähne mit Taschensondierungstiefen über 3,5 mm wurden daher als Misserfolg gewertet.

Eine aktuelle Studie an enossalen Implantaten fand passend zu dem Ergebnis unserer Studie, dass in parodontal erkrankten Gebissen signifikant schlechtere Einheilungsraten resultieren als in parodontal gesunden Gebissen [Lagervall und Jansson, 2012].

5.1.2.3 Statische Okklusion

Das Vorhandensein einer statischen Okklusion zeigte einen signifikant positiven Einfluss auf die Erfolgsrate (Mann-Whitney-U-Test, $p = 0,032$). Dies könnte begründet sein durch die physiologische Belastungssituation als Grundvoraussetzung für Knochenumbauvorgänge [Tonn, 1937]. Diese Beobachtung widerlegt damit die zum Teil praktizierte Technik, Zähne bei der Transplantation möglichst in geringer Infraposition zu positionieren [Bauss *et al.*, 2003].

5.1.3 Endodontischer Therapiebedarf

Das Vorgehen bezüglich der endodontischen Versorgung von Transplantaten, deren Wurzelwachstum abgeschlossen ist, wird unterschiedlich gehandhabt. In der Literatur wird meist eine konsequente und möglichst zeitnahe endodontische Behandlung der transplantierten Zähne gefordert. Filippi zum Beispiel hält ein Abwarten, bis Zeichen einer Pulpanekrose, wie apikale Aufhellung oder Schmerzen, bestehen, für „unverantwortlich“, da infektionsbedingte Wurzelresorptionen häufig zum Transplantatverlust führen [Filippi, 2009]. Demzufolge sollte eine Wurzelkanalbehandlung prä-, intra- oder spätestens innerhalb einer Woche postoperativ durchgeführt werden. Auch Andreasen hält eine präventive Wurzelkanalbehandlung von Transplantaten mit geschlossenem Apex für obligatorisch, jedoch herrscht über den optimalen Zeitpunkt dafür keine absolute Einigkeit [Andreasen, 1993]. Eine Ausheilung des apikalen Parodonts vor dem Beginn einer endodontischen Therapie sei wichtig, um das Austreten von zytotoxischen Wurzelfüllmaterialien durch das Foramen apicale zu vermeiden [Andreasen, 1993]. Eine intraoperative endodontische Therapie berge das Risiko einer anschließenden Ankylose, da lange extraorale Aufbewahrungszeiten und Festhalten des Zahnes zu einer umfangreicheren Schädigung des Desmodonts beitragen können. Zu langes Warten auf die Heilung des apikalen Parodonts wiederum berge das Risiko einer entzündlichen Wurzelresorption oder Ersatzresorption, sofern infiziertes nekrotisches Pulpagewebe über Dentintubuli an die verletzte Wurzeloberfläche gelange. Als Kompromiss zwischen diesen Überlegungen biete sich eine endodontische Therapie zwischen dem siebten und zehnten postoperativen Tag als geeigneten Zeitraum an [Andreasen, 1993].

In dieser Studie wurde von der allgemein gültigen Vorgehensweise einer prä-, intra-, oder direkt postoperativen, präventiven endodontischen Versorgung eines Transplantats mit geschlossenem Foramen apicale von den Behandlern der MKG-Praxisklinik abgewichen. Vielmehr wurde entschieden, die Transplantate nur dann einer Wurzelkanalbehandlung zu unterziehen, sofern klinische oder radiologische Befunde dazu Anlass gaben. Grundlage hierfür ist ein vom Behandler initiiertes, Evidenz basiertes systematisches Review aus dem Jahr 2005, in dem auf der Grundlage von 105 Artikeln zur autogenen Zahntransplantation kein entscheidender Vorteil einer präventiven Wurzelkanalbehandlung gegenüber einer endodontischen

Therapie nur bei manifester Symptomatik erkannt werden konnte [Hinrichs, 2005]. Im Wesentlichen ergab die Analyse der oben genannten Artikel eine etwa gleich große Erfolgswahrscheinlichkeit für eine direkt postoperative Wurzelkanalbehandlung wie für eine Wurzelkanalbehandlung bei pathologischem radiologischen oder klinischem Befund [Nolte *et al.*, 2011]

Die Situation in der vorliegenden Studie zeigte sich folgendermaßen: 50 Zähne wurden mit geschlossenem Foramen apicale transplantiert. 10 dieser Zähne gingen aus verschiedenen Gründen vor dem Nachuntersuchungszeitpunkt verloren und wurden als Misserfolg gewertet. Somit konnten 40 wurzelreife Transplantate klinisch und radiologisch nachuntersucht werden. Keines dieser Transplantate zeigte außer fehlender Sensibilität klinische Symptome, die auf eine endodontische Problematik hingewiesen hätten wie Ruheschmerz, Perkussionsempfindlichkeit oder apikalen Palpationsschmerz. Radiologisch allerdings stellten sich bei 7,5% (3 von 40 Zähnen) periapikale Läsionen mit entzündlicher Wurzelresorption dar, die zur Wertung als Misserfolg führten. Bei weiteren 22,5% (9 von 40 Zähnen) führte das Vorliegen einer Ersatzresorption gemäß der Erfolgsparameter zur Wertung als Misserfolg. In der Summe wurden also 30% (12 von 40) der Zähne, die mit geschlossenem Apex transplantiert wurden, nach den Erfolgskriterien dieser Studie als akut therapiebedürftig eingestuft und mussten als Misserfolg gewertet werden. Die Patienten wurden einer entsprechenden Therapie zugeführt.

Unumstritten ist das Vorgehen bei wurzelunreifen Transplantaten, bei denen von einer möglichen Revaskularisation und Reinnervation der Pulpa ausgegangen werden kann [Andreasen *et al.*, 1990]. Hier wird nur bei Transplantaten, die postoperativ einen endodontischen Behandlungsbedarf zeigten, eine Wurzelkanalbehandlung eingeleitet [Hinrichs, 2005]. In der vorliegenden Studie wurde bei 27% (6 von 22) der wurzelunreifen Transplantate ein negativer Sensibilitätstest bei der Nachuntersuchung festgestellt. 14% (3 von 22 Zähnen) zeigten im Röntgenbild Obliterationen des Wurzelkanalsystems und wurden als nicht endodontisch therapiebedürftig eingestuft. Die Obliteration stellt eine Ersatzgewebsbildung des Pulpagewebes dar und gilt als sicheres Vitalitätszeichen, selbst wenn der Zahn nicht sensibel reagiert und bedarf nach allgemeiner Meinung daher keiner Therapie [Pogrel, 1987]. Die Abwehrleistung der obliterierten Pulpa ist allerdings gegenüber dem normalen Pulpengewebe reduziert und führt bei einer

Dentinkaries oft zu einer apikalen Parodontitis [Filippi, 2009]. Eine genaue Beobachtung dieser Zähne ist daher empfehlenswert. Weitere 14% (3 von 22) der zum Transplantationszeitpunkt wurzelunreifen Zähne zeigten bei fehlender Sensibilität apikale Aufhellungen und Wurzelresorptionen und wurden als akut therapiebedürftig eingestuft. Durch eine Wurzelkanalbehandlung ist ein Stoppen der Wurzelresorption sehr wahrscheinlich zu erreichen [Hori *et al.*, 1996; Schwartz *et al.*, 1985a; Schwartz *et al.*, 1985b; Ahlberg *et al.*, 1983].

5.1.4 Patientenzufriedenheit

Die Studienteilnehmer wurden mit Hilfe eines Fragebogens bezüglich ihrer Zufriedenheit mit der Zahntransplantation befragt. 87,7% (50/57) der Patienten beantworteten den Fragebogen, 12,3% (7/57) lehnten die Befragung ab. Die Beurteilung der einzelnen Fragen erfolgte nach dem Schulnoten-Prinzip.

Lediglich die Frage nach postoperativen Beschwerden wurde mit etwas schlechteren Noten beurteilt (Durchschnittsnote 2,5) generell war die Zufriedenheit der Patienten aber sehr hoch (Gesamtnote 1,5). Besonders interessant dabei erscheint, dass die subjektive Zufriedenheit der Patienten nicht zwangsläufig mit der in dieser Studie ermittelten funktionellen Qualität der Transplantate übereinstimmt. Die meisten Transplantate, die in der Mundhöhle überlebten, aus zahnmedizinischer Sicht aber als Misserfolg gewertet wurden, wurden bezüglich der gewünschten Eigenschaften aus Patientensicht mit hervorragenden Noten beurteilt. Eine beginnende oder auch fortgeschrittene Wurzelresorption oder erhöhte Taschensondierungstiefen sind den Patienten nicht bewusst, auch eine rotierte Position des Transplantats im Zahnbogen stört das Befinden der Patienten kaum.

5.1.5 Ersatzresorption

Hinsichtlich der Tatsache, dass Patienten trotz funktioneller zahnmedizinischer Defizite eine hohe Zufriedenheit mit dem Ergebnis der Transplantation äußern, kann die Zahntransplantation in den Fällen, in denen kein perfektes zahnmedizinisches Ergebnis erzielt wurde, zumindest teilweise als Übergangslösung gesehen werden. Dies dürfte in der vorliegenden Studie auf die nicht geringe Zahl an ankylosierten Transplantaten zurückzuführen sein (9 von 72), die in dieser Studie als Misserfolg gewertet wurden, vom Patienten jedoch als völlig funktionstüchtige Zähne wargenommen werden. Bei der Ankylosierung eines Transplantats findet eine schrittweise Fusion von Alveolarknochen und Zahnwurzel statt, wodurch der Zahn

auf lange Sicht verloren geht, eine Atrophie des Alveolarfortsatzes in dem entsprechenden Bereich jedoch vermieden wird [Andreasen, 2009]. Damit kann bei jugendlichen Patienten und jungen Erwachsenen durch Transplantation die Wachstumsphase überbrückt werden bis eine Implantatversorgung möglich ist. In dieser Studie wurden 12,5% (9 von 72) der Transplantate aufgrund von Ersatzresorptionserscheinungen als Misserfolg gewertet und die Gesamterfolgsrate betrug 54,2% (39 von 72 Zähnen). Würde man nun die Zähne mit Ersatzresorption als Erfolg bewerten, so ergäbe sich eine Gesamterfolgsrate von 66,7% (48 von 72 Zähnen). Damit läge die Erfolgsrate in Bereichen, wie sie auch von anderen Autoren beschrieben wird [Watanabe, 2010].

6 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde im Rahmen einer klinischen und röntgenologischen Nachuntersuchung die Erfolgsrate von 72 autogenen Zahntransplantaten ermittelt sowie relevante klinische und röntgenologische Parameter bezüglich ihres möglichen Einflusses auf die Erfolgsrate hin untersucht. Zusätzlich wurde eine Erhebung zur Patientenzufriedenheit durchgeführt. Die Zahntransplantation wurde bei allen Studienteilnehmern zwischen Oktober 2006 und November 2009 durchgeführt.

Klinische Erfolgsparameter waren Taschensondierungstiefen von $\leq 3,5$ mm sowie ein Lockerungsgrad von \leq II. Radiologische Erfolgsparameter waren ein gesunder knöcherner Status periapikal sowie die Absenz von Resorptionserscheinungen an der Wurzel. Ferner wurde eine Befragung zur Patientenzufriedenheit durchgeführt. Als klinische Einflussparameter wurden Mundhygiene, Tabakkonsum, Parodontaler Screening Index, das Vorhandensein oder Fehlen von approximalen und okklusalen Kontakten, Perkussionempfindlichkeit, die horizontale Position des Transplantats sowie die Sensibilität und das Vorliegen von kariösen Läsionen bewertet. Bei der Untersuchung der röntgenologischen Einflussparameter wurden Wurzellänge und Wurzellängenzuwachs, Knochenlevel am Transplantat, Zahnalter nach Gat, pulpare Obliteration und das Vorliegen von kariösen Läsionen bewertet. Die statistische Auswertung erfolgte mithilfe des nicht-parametrischen, zweiseitigen Mann-Whitney-U-Tests. Das α -Level wurde auf 0,05 festgelegt.

Die Ursachen für die autogene Zahntransplantation waren nicht erhaltungswürdige, tief kariös zerstörte Zähne (40,3%), Zähne mit apikaler Parodontitis (34,7%), unversorgte Einzelzahnlücken (8,3%), Nichtanlagen (5,6%), Traumata (4,2%), Verlagerung von Zähnen (4,2%) und persistierende Milchzähne (2,8%). Die Gesamterfolgsrate der Transplantation lag bei 54,2% (39/72 Zähnen), für Zähne mit offenem Apex bei 82%, für Zähne mit geschlossenem Apex bei 42%. Die Überlebensrate aller Transplantate lag bei 86,1% (62/72 Zähne). Der mittlere Beobachtungszeitraum betrug 22,6 Monate. Entscheidende Einfluss-Parameter auf den Erfolg waren das Zahnalter, der Parodontale-Screening-Index und das Vorhandensein von statischer Okklusion. Die Zufriedenheit der Patienten war mit einem Gesamtnotenschnitt von 1,5 sehr hoch.

Die autogene Zahntransplantation stellt eine Alternative zur Versorgung von Einzelzahn­lücken dar. Diese kann für Patienten im jugendlichen Alter in Betracht gezogen werden. Eine zeitnahe endodontische Behandlung der mit geschlossenem Apex transplantierten Zähne wird durch die Ergebnisse dieser Studie nahegelegt.

7 Literaturverzeichnis

Ahlberg K, Bystedt H, Eliasson S, Odenrick L (1983). Long-term evaluation of autotransplanted maxillary canines with completed root formation. *Acta Odontol Scand* 41(1):23-31.

Ainamo J, Barmes D, Beagrie G, Cutress T, Martin J, Sardo-Infirri J (1982). Development of the World Health Organization (WHO) community periodontal index of treatment needs (CPITN). *Int Dent J* 32(3):281-291.

Akkocaoglu M, Kasaboglu O (2005). Success rate of autotransplanted teeth without stabilization by splints: a long-term clinical and radiological follow-up. *Br J Oral Maxillofac Surg* 43(1):31-35.

Andreasen JO, Hjørting-Hansen E (1966 a). Replantation of teeth. II. Histological study of 22 replanted anterior teeth in humans. *Acta Odontol Scand* 24(3): 287-306.

Andreasen JO, Hjørting-Hansen E (1966 b). Replantation of teeth. I. Radiographic and clinical study of 110 human teeth replanted after accidental loss. *Acta Odontol Scand* 24(3): 263-286.

Andreasen JO, Hjørting-Hansen E (1970). Replantation and autotransplantation of teeth. *Trans Int Conf Oral Surg.* 430-433.

Andreasen JO, Paulsen HU, Yu Z, Ahlquist R, Bayer T, Schwartz O (1990). A long-term study of 370 autotransplanted premolars. Part I. Surgical procedures and standardized techniques for monitoring healing. *Eur J Orthod* 12(1):3-13.

Andreasen JO (1992). Atlas of replantation and transplantation of teeth. Mediglobe SA, Fribourg.

Andreasen JO (1993). Farbatlas der Replantation und Transplantation von Zähnen. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, S. 112-221.

Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L (2007). Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth. *Blackwell Munksgaard*, Kopenhagen.

Andreasen JO, Schwartz O, Kofoed T, Daugaard-Jensen J (2009). Transplantation of premolars as an approach for replacing avulsed teeth. *Pediatr Dent* 31(2):129-132.

- Bae JH, Choi YH, Cho BH, Kim YK, Kim SG (2010). Autotransplantation of teeth with complete root formation: a case series. *J Endod* 36(8):1422-1426.
- Bauss O, Schilke R, Fenske C, Engelke W, Kiliaridis S (2002). Autotransplantation of third molars: influence of different splinting methods and fixation periods. *Dent Traumatol* 18(6):322-328.
- Bauss O, Sadat-Khonsari R, Engelke W, Kahl-Nieke B (2003). Results of transplanting developing third molars as part of orthodontics space management. Part 2: results following the orthodontic treatment of transplanted developing third molars in cases of aplasia and premature loss of teeth with atrophy of the alveolar process. *J Orofac Orthop* 64(1):40-47.
- Bauss O, Engelke W, Fenske C, Schilke R, Schwestka-Polly R (2004). Autotransplantation of immature third molars into edentulous and atrophied jaw sections. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 33(6):558-563.
- Bauss O, Zonios I, Rabman A (2008a). Root development of immature third molars transplanted to surgically created sockets. *J Oral Maxillofac Surg* 66:1200-1211.
- Bauss O, Röhling J, Rahman A, Kiliaridis S (2008b). The effect of pulp obliteration on pulpal vitality of orthodontically intruded traumatized teeth. *J Endod* 34(4):417-420.
- Bauss O, Röhling J, Meyer K, Kiliaridis S (2009). Pulp vitality in teeth suffering trauma during orthodontic therapy. *Angle Orthod* 79(1):166-171.
- Becker A, Kohavi D, Zilberman Y (1983). Periodontal status following the alignment of palatally impacted canine teeth. *Am J Orthod* 84:332-336.
- Bedoya MM, Park JH (2009). A review of the diagnosis and management of impacted maxillary canines. *J Am Dent Assoc* 140:1485-1493.
- Bengazi F, Wennström JL, Lekholm U (1996). Recession of the soft tissue margin at oral implants. A 2-year longitudinal prospective study. *Clin Oral Impl Res* 7:303-310.
- Brännström M (1986). The hydrodynamic theory of dentinal pain: sensation in preparations, caries, and the dentinal crack syndrome. *J Endod* 12(10):453-7.
- Buch RS, Weibrich G, Wegener J, Wagner W (2002). Patient satisfaction with dental implants. *Mund Kiefer Gesichtschir* 6(6):433-436.

Casap N, Zeltser C, Wexler A, Tarazi E, Zeltser R (2007). Immediate placement of dental implants into debrided infected dentoalveolar sockets. *J Oral Maxillofac Surg* 65(3):384-392.

Cheung GS (2002). Survival of first-time nonsurgical root canal treatment performed in a teaching hospital. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 93(5):596-604.

Clokier CM, Yau DM, Chano L (2001). Autogenous tooth transplantation: an alternative to dental implant placement? *J Can Dent Assoc* 67(2): 92-96.

Crespi R, Cappare P, Gherlone E (2010). Fresh-socket implants in periapical infected sites in humans. *J Periodontol* 81(3):378-383.

Czochrowska EM, Stenvik A, Bjercke B, Zachrisson BU (2002). Outcome of tooth transplantation: survival and success rates 17-41 years posttreatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 121:110-119.

DiAngelis AJ, Andreasen JO, Ebeleseder KA, Kenny DJ, Trope M, Sigurdsson A, Andersson L, Bourguignon C, Flores MT, Hicks ML, Lenzi AR, Malmgren B, Moule AJ, Pohl Y, Tsukiboshi M (2012). International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations of permanent teeth. *Dent Traumatol* 28(3):2.

E Jung R, Zembic A, Pjetursson BE, Zwahlen M, S Thoma D (2012). Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with mean follow-up of 5 years. *Clin Oral Implants Res* 23(6):2-21.

Eskici A (2003). Reimplantation und Transplantation von Zähnen. Praxis der Zahnheilkunde. Urban & Fischer, München, S. 232-254.

Eskici A (1987a). Klinische und tierexperimentelle Untersuchung zur Autotransplantation von Zahnkeimen (I). *Quintessenz* 38:565-570.

Eskici A (1987b). Klinische und tierexperimentelle Untersuchung zur Autotransplantation von Zahnkeimen (II). *Quintessenz* 38:737-751.

Eskici A (1987c). Klinische und tierexperimentelle Untersuchung zur Autotransplantation von Zahnkeimen (III). *Quintessenz* 38:913-924.

Eskici A (1987d). Klinische und tierexperimentelle Untersuchung zur Autotransplantation von Zahnkeimen (IV). *Quintessenz* 38:1093-1104.

Fauchard P (1728). *Le Chirurgien Dentiste ou Traité des dents*. Chez Servières, Paris.

Feldmann G (1985). Voraussetzungen, Vorgehen, Erfolge bei der Zahntransplantation. *Zahnärztl Mitt* 75: 2537-2538.

Filippi A, von Arx T, Buser D (2000). Externe Wurzelresorptionen nach Zahntrauma: Diagnose, Konsequenzen, Therapie. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 110:712-729.

Filippi A (2008). Zahntransplantation. *Quintessenz* 59(5): 497-504.

Filippi A (2009). Zahntransplantation. Biologischer Zahnersatz für Kinder, Jugendliche und manche Erwachsene. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin.

Fleming H (1959). Transplantation of teeth. *Transplantation of Tissues*. London A. Peier, Vol. II, Baltimore: 271.

Fong CC (1953). Transplantation of the third molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 6(8): 917-926.

Fonzar F, Fonzar A, Buttolo P, Worthington HV, Esposito M (2009). The prognosis of root canal therapy: a 10-year retrospective cohort study on 411 patients with 1175 endodontically treated teeth. *Eur J Oral Implantol* 2(3):201-8.

Gardette J (1827). Observations on the transplantations of teeth with tendency to show the impossibility of the success of the operation. *M Res* 11. S. 99.

Gat H, Sarnat H, Bjorvath K, Dayan D (1984). Dental age evaluation. A new six-developmental-stage method. *Clin Prev Dent* 6(2):18-22.

Glendor U (2008). Epidemiology of traumatic dental injuries – a 12 year review of the literature. *Dent Traumatol* 24(6):603-611.

Gonnissen H, Politis C, Schepers S, Lambrichts I, Vrielinck L, Sun Y, Schuermans J (2010). Long-term success and survival rates of autogenously transplanted canines. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 110(5):570-578.

Hale ML (1956). Autogenous transplants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 9(1): 76-83.

- Hellwig E, Klimek J, Attin T (2009). Einführung in die Zahnerhaltung. Deutscher ÄrzteVerlag, Köln. S. 342.
- Henrichvark C, Neukam FW (1987). Indikation und Ergebnisse der autogenen Zahntransplantation. *Dtsch Zahnärztl Z* 42:194-197.
- Hernandez SL, Cuestas-Carnero R (1988). Autogenic tooth transplantation: a report of ten cases. *J Oral Maxillofac Surg* 46:1051-1055.
- Hinrichs K (2005). Die autogene Zahntransplantation: ein Evidenz basierter systematischer Review. Dissertation, Ruhr-Universität Bochum:1-98.
- Holtje WJ, Scheuer H (1995). Die Prämolaren-Autotransplantation nach Frontzahnverlust im Oberkiefer. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 40: 87-90.
- Hori M, Kawano M, Kaneko K, Hasegawa M, Okaue M, Matsumoto M, Tanaka H, Hobo T (1996). Clinical Evaluation of Orthodontic Treatment after Surgical Repositioning or Transplantation of Teeth. *J Nihon Univ Sch Dent* 38: 123-130.
- Howard-Bowles E, McKenna G, Allen F (2011). An evidence based approach for the provision of resin-bonded bridgework. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 19(3):99-104.
- Hunter J (1771). Natural History of Human Teeth. J. Johnson, London.
- Hürzeler MB, Quinones CR (1993). Autotransplantation of a tooth using guided tissue regeneration. *J Clin Periodontol* 20:545-548.
- Jha P, Jha M (2012). Management of congenitally missing second premolars in a growing child. *J Conserv Dent* 15(2):187-190.
- Joho JP, Schatz JP (1990). Autotransplantation und orthodontische Planung. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 100:185-187.
- Kahnberg KE (1987). Autotransplantation of teeth (I). Indications for transplantation with a follow-up of 51 cases. *Int J Oral Maxillofac Surg* 16:577-585.
- Kallu R, Vinckier F, Politis C, Mwalili S, Willems G (2005). Tooth transplantation: a descriptive retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 34(7):745-755.
- Keller U, Sitzmann F (1987). Differentialindikation zum Einzelzahnimplantat. *Z Zahnärztl Implantol* 3:188-193.

- Kim E, Jung JY, Cha ICH, Kum KY, Lee SJ (2005). Evaluation of the prognosis and causes of failure in 182 cases of autogenous tooth transplantation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 100(1):112-119.
- Kirschner H, Filippi A, Pohl Y, Ebeleseder K (2002). Unfallverletzungen der Zähne. Schlütersche, Hannover.
- Kloß S (2000). Ist die autogene Transplantation von Zähnen eine Alternative zur Implantation? *Dissertation, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg* 21.
- Krausz AA, Machtei EE, Peled M (2005). Effects of lower third molar extraction on attachment level and alveolar bone height of the adjacent second molar. *Int J Oral Maxillofac Surg* 34(7):756-760.
- Krennmair G, Seemann R, Schmidinger S, Ewers R, Piehslinger E (2010). Clinical outcome of root-shaped dental implants of various diameters: 5-year results. *Int J Oral Maxillofac Implants* 25(2):375-366.
- Kristerson L, Kvint S (1981). Autotransplantation of teeth – a 10-year experience. *Tandlakartidningen* 73(11):598-606.
- Kristerson L, Lagerström L (1991). Autotransplantation of teeth in cases with agenesis or traumatic loss of maxillary incisors. *Eur J Orthod* 13:486-492.
- Kvint S, Lindsten R, Magnusson A, Nilsson P, Bjerklin K (2010). Autotransplantation of teeth in 215 patients. A follow-up study. *Angle Orthod* 80(3):446-451.
- Lagervall M, Jansson LE (2012). Treatment Outcome in Patients With Peri-Implantitis in a Periodontal Clinic – A Retrospective Study. *J Periodontol* 13.
- Lang B, Pohl Y, Filippi A (2003). Transplantation von Zähnen. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 113(11):1178-1199.
- Leffingwell CM (1980). Autogenous tooth transplantation: a therapeutic alternative. *Dent Surv* 56:22-23.
- Lindeboom JA, Tjiook Y, Kroon FH (2006). Immediate placement of implants in periapical infected sites: a prospective randomized study in 50 patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 101(6):705-710.
- Linge L, Linge BO (1991). Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 99(1):35-43.

Löe H, Silness J (1963). Periodontal disease in pregnancy I. Prevalence and severity. *Acta Odontol Scand* 21:533-551.

Lundberg T, Isaksson S (1996). A clinical follow-up study of 278 autotransplanted teeth. *Br J Oral Maxillofac Surg* 34:181-185.

Magitot E (1865). Note sur deux cas de reimplantation de dents. *Arch Gen De Méd*, 1: S. 544.

Marques-Ferreira M, Rabaca-Botelho MF, Carvalho L, Oliveiros B, Palmeirao-Carrilho EV (2011). Autogenous tooth transplantation: evaluation of pulp tissue regeneration. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 16(7):e984-989.

Mendoza-Mendoza A, Solano-Reina E, Iglesias-Linares A, Garcia-Godoy F, Abalos C (2012). Retrospective long-term evaluation of autotransplantation of premolars to the central incisor region. *Int Endod J* 45(1): 88-97.

Meng HP, Ingervall B, Hess D, Marmy O, Buser D: Kieferorthopädie: Nichtanlagen. Die Behandlung von Malokklusionen mit partieller Anodontie: *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 100: 188-204.

Micheelis W, Schiffner U (2006): Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV), Institut der deutschen Zahnärzte, Köln.

Mitscherlich A (1864). Sur la Transplantation et la Reimplantation des dents. *Arch Gen de Méd*, 1: 678.

Moorrees CF, Fanning EA, Hunt EE Jr. (1963). Age variations of formation stages for ten permanent teeth. *J Dent Res* 42:1490-1502.

Müller HP (2006). Checklisten der Zahnmedizin Parodontologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Ne RF, Witherspoon DE, Gutman JL (1999). Tooth resorption. *Quintessence Int* 30:9-25.

Nethander G (1998). Autogenous free tooth transplantation by the two-stage operation technique. An analysis of treatment factors. *Acta Odontol Scand* 56: 110-115.

Neukam FW, Girod S (1988). Prospektive Studie zur Frage der Komplikationen nach Zahntransplantationen bei eröffneter Kieferhöhle. *Dtsch Zahnärztl Z* 43:1342-1344.

- Neukam FW, Reumann K, Schliephake H (1987). Experimentelle Untersuchung zur Bestimmung der Wurzelhautschädigung von Zahntransplantationen. *Dtsch Zahnärztl Z* 42: 186-189.
- Neukam FW, Schliephake H, Schmelzeisen R (1988). Experimentelle Untersuchung zur Bestimmung der operationsbedingten Wurzelhautschädigung unter Berücksichtigung zweier Operationstechniken bei der Zahntransplantatgewinnung. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichts Chir* 12: 263-266.
- Neukam FW (1988). Die Zahnkeimtransplantation. *Zahnärztl Mitt* 78: 1026-1029.
- Nolte D, Hinrichs K, Lange S (2006). Die autogene Zahntransplantation. *Zahnärztl Mitt* 24.
- Nolte D, Linsenmann R, Huth KC (2011). Autogene Zahntransplantation - Neue Perspektiven. *MKG-Chirurg* 4:92-101.
- Nordenram A (1963). Autotransplantation of teeth. A clinical and experimental investigation. *Acta Odontol Scand* 21: Suppl 33: 7-76.
- Northway WM, Königsberg S (1980). Autogenic tooth transplantation. The "state of the art". *Am J Orthod* 77: 146-162.
- Oikarinen K (1990). Replacing resorbed maxillary central incisors with mandibular premolars. *Endod Dent Traumatol* 6:43-46.
- Paré A (1594). Opera chirurgica. Feyrabend für Fischer, Frankfurt, S. 477-478.
- Paschos E, Huth KC, Fässler H, Rudzki-Janson I (2005). Investigation of maxillary tooth sizes in patients with palatal canine displacement. *J Orofac Orthop* 66(4):288-298.
- Peer LP (1955). Transplantation of tissues, Vol. I. Baltimore.
- Pjetursson BE, Tan WC, Tan K, Brägger U, Zwahlen M, Lang NP (2008). A systematic review of the survival and complication rates of resin-bonded bridges after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res* 19(2): 131-141.
- Pogrel MA (1987). Evaluation of over 400 autogenous tooth transplants. *J Oral Maxillofac Surg* 45: 205-211.

- Pohl Y, Filippi A, Kirschner H (2001). Auto-alloplastic transplantation of a primary canine after traumatic loss of a permanent central incisor. *Dent Traumatol* 17(4): 188-193.
- Rahn R (1987). Transplantation impaktierter Weisheitszähne. *Quintessenz* 38(1):7-19.
- Ramfjord SP (1959). Indices for the prevalence and incidence of periodontal disease. *J. Periodont* 30:51-59.
- Reich E, Hiller KA (1993). Reasons for tooth extraction in the western states of Germany. *Community Dent Oral Epidemiol* 21(6):379-383.
- Reich PP (2008). Autogenous transplantation of maxillary and mandibular molars. *J Oral Maxillofac Surg* 66(11):2314-2317.
- Schatz JP, Joho JP (1994). Indications of autotransplantation of teeth in orthodontic problem cases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 106:351-357.
- Schultze-Mosgau S, Neukam FW, Eulzer C (1993). Klinische und röntgenologische Ergebnisse nach autogenen Zahntransplantationen. *Dtsch Zahnärztl Z* 48:699-705.
- Schultze-Mosgau S, Neukam FW (2002): Intentionelle Replantation, therapeutische Zahnluxation, Zahntransplantation. In: Zahnärztliche Chirurgie. Hrsg.: Reichart PA, Hausamen JE, Becker J, Neukam FW, Schliephake H, Schmelzeisen R. Quintessenz, Berlin, S. 263-290.
- Schwartz O, Bergmann P, Klausen B (1985a). Autotransplantation of human teeth. A life table analysis of prognostic factors. *Int J Oral Surg* 14, 245-248.
- Schwartz O, Bergmann P, Klausen B (1985b). Resorption of autotransplanted human teeth: a retrospective study of 291 transplantations over a period of 25 years. *Int Endod J* 18, 119-131.
- Schwartz O, Andreasen JO (1988). Allotransplantation and autotransplantation of mature teeth in monkeys: the influence of endodontic treatment. *J Oral Maxillofac Surg* 46:672-681.
- Schwartz O, Groisman M, Atiström R, Andreasen JO (1990). Transmission electron microscopy of supra-alveolar periodontal healing of auto- and allotransplanted teeth in monkeys. *Endod Dent Traumatol* 6:26-32.

- Silness J, Loe H (1964). Periodontal disease in pregnancy II. Correlation between oral hygiene and periodontal condition. *Acta Odontol Scand* 22:121-135.
- Slagvold O, Bjercke B (1974). Autotransplantation of premolars with partly formed roots. A radiographic study of root growth. *Am J Orthod* 66:355-366.
- Slagvold O, Bjercke B (1978). Indications for autotransplantation in cases of missing premolars. *Am J Orthod* 74:241-257.
- Sobhi MB, Rana MJ, Manzoor MA, Ibrahim M, Tasleem-ul-Hudda (2003). Autotransplantation of endodontically treated third molars. *J Coll Physicians Surg Pak* 13(7):372-374.
- Sugai T, Yoshizawa M, Kobayashi T, Ono K, Takagi R, Kitamura N, Okiji T, Saito C (2010). Clinical study on prognostic factors for autotransplantation of teeth with complete root formation. *Int J Oral Maxillofac Surg* 39(12):1193-1203.
- Tegsjo U, Valerius-Olsson H, Frykholm A, Olgart K (1987). Clinical evaluation of intra-alveolar transplantation of teeth with cervical root fractures. *Swed Dent J* 11:235-250.
- Tonn P (1937). Über die mesiodistalen Zahnbreiten–Relationen der Zähne des Oberkiefers zu den entsprechenden des Unterkiefers bei normaler und anormaler Okklusion. Med. Diss., Berlin.
- Trope M (1998). Root resorption of dental and traumatic origin: classification based of etiology. *Pract Periodont Aesthet Dent* 10:515-522.
- Trowbridge HO, Franks M, Korostoff E, Emling R (1980). Sensory response to thermal stimulation in human teeth. *J Endod* 6(1):405-412.
- Tsukiboshi M (1993). Autogenous tooth transplantation: a reevaluation. *Int J Periodontics Restorative Dent* 13(2): 120-149.
- Tsukiboshi M (2002). Autotransplantation of teeth: requirements for predictable success. *Dent Traumatol* 18: 157-180.
- Waasdorp JA, Evian CI, Mandracchia M (2010). Immediate placement of implants into infected sites: a systematic review of the literature. *J Periodontol* 81(6):801-808.
- Waikakul A, Kasetsuwan J, Punwutikorn J (2002). Response of autotransplanted teeth to electric pulp testing. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 94(2):249-255.

Watanabe Y, Mohri T, Takeyama M, Yamaki M, Okiji T, Saito C, Saito I (2010). Long-term observation of autotransplanted teeth with complete root formation in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 138:720-726.

Widman L (1918). Om transplantationens betydelse. *Sv Tandl Tidskr* 11: S. 15.

Yanpiset K, Trope M (2000). Pulp revascularization of replanted immature dog teeth after different treatment methods. *Endod Dent Traumatol* 16: 211-217.

Yoshino K, Kariya N, Namura D, Noji I, Mitsunashi K, Kimura H, Fukuda A, Kikukawa I, Hayashi T, Yamazaki N, Kimura M, Tsukiyama K, Yamamoto K, Fukuyama A, Hidaka D, Shinoda J, Mibu H, Shimakura Y, Saito A, Ikumi S, Umehara K, Kamei F, Fukuda H, Toake T, Takahashi Y, Miyata Y, Shioji S, Toyoda M, Hattori N, Nishihara H, Matsushima R, Nishibori M, Hokketo O, Nojima M, Kimura T, Fujiseki M, Okudaira S, Tanabe K, Nakano M, Ito K, Kuroda M, Matsukubo T (2012). Risk factors affecting third molar autotransplantation in males: a retrospective survey in dental clinics. *J Oral Rehabil* 39(11):821-829.

Yoshino K, Kariya N, Namura D, Noji I, Mitsunashi K, Kimura H, Fukuda A, Kikukawa I, Hayashi T, Yamazaki N, Kimura M, Tsukiyama K, Yamamoto K, Fukuyama A, Hidaka D, Shinoda J, Mibu H, Shimakura Y, Saito A, Ikumi S, Umehara K, Kamei F, Fukuda H, Toake T, Takahashi Y, Miyata Y, Shioji S, Toyoda M, Hattori N, Nishihara H, Matsushima R, Nishibori M, Hokketo O, Nojima M, Kimura T, Fujiseki M, Okudaira S, Tanabe K, Nakano M, Ito K, Kuroda M, Matsukubo T (2012). A retrospective survey of autotransplantation of teeth in dental clinics. *J Oral Rehabil* 39(1):37-43.

Younger WJ (1886). Transplantation of teeth into artificial sockets. *Pacific Med. & Surg J* 29: S.17.

8 Anhang

8.1 Synopse der Untersuchungsparameter

8.1.1 Klinische Erfolgsparameter

Taschensondierungstiefe [Bengazi <i>et al.</i> , 1996; Krausz <i>et al.</i> , 2005; Müller, 2006]	Die Taschensondierungstiefe (TST) wurde per Sechspunktmessung (mesiobukkal, bukkal, distobukkal, distooral, oral und mesiooral) am Transplantat vorgenommen. Dazu wurde eine Parodontal-Sonde vom Typ PCPUNC15 (HuFriedy, Chicago, IL, USA) verwendet. Die parodontale Sondierungstiefe ergab sich aus der Distanz zwischen dem Margo gingivae und dem Taschenfundus.
Mobilität [Andreasen <i>et al.</i> , 1990]	Der klinische Lockerungsgrad beschreibt die horizontale und vertikale Auslenkbarkeit des Transplantats nach folgendem Schema: 0. keine abnorme Beweglichkeit, I. horizontale Beweglichkeit von weniger als 1 mm, II. horizontale Beweglichkeit von mehr als 1 mm, III. horizontale Beweglichkeit von mehr als 1 mm und axiale Beweglichkeit

8.1.2 Klinische Einflussparameter

Mundhygiene: Gingiva-Index, Plaque-Index, Zahnstein-Index

[Ramfjord, 1959; Loe und Silness, 1963; Silness und Loe, 1964]

Die Mundhygiene wurde an folgenden sechs Zähnen stellvertretend für die Sextanten der Kiefer bewertet: 16, 12, 24, 36, 32, 44. Dabei wurde an den entsprechenden Zähnen der Entzündungsgrad der Gingiva, das Vorhandensein von Plaque sowie Zahnstein beurteilt. Fehlende Flächen wurden nicht durch andere ersetzt.

Jeder der vier Flächen eines Zahnes (bukkal, oral, mesial und distal) wurde jeweils ein Punktwert für Gingiva, für Plaque und für Zahnstein zugeordnet. Die jeweiligen vier Punktwerte der einzelnen Flächen wurden addiert und durch vier dividiert, um den Gingiva-, Plaque- und Zahnsteinindex des betreffenden Zahnes zu erhalten. Schließlich wurde der Durchschnittswert der Gingiva-, Plaque- und Zahnsteinindizes aller untersuchten Zähne gebildet. Der Gingiva-, Plaque- und Zahnsteinindex wurde nach folgenden Kriterien erhoben:

	Gingiva-Index	Plaque-Index	Zahnstein-Index
0	keine Entzündung	keine Plaque	kein Zahnstein
1	milde Entzündung – leichte Veränderungen in Farbe und Textur	ein Plaquefilm, der an der freien Gingiva und in der Umgebung des Zahnes haftet. Die Plaque kann nur nach Anfärben oder mithilfe einer Sonde gesehen werden	Supragingivaler Zahnstein, der sich nur leicht bis unter den Zahnfleischrand erstreckt (nicht mehr als ein Millimeter)
2	mäßige Entzündung – mäßige Rötung, Ödembildung und Hypertrophie, Blutung auf Sondieren	Mäßige Ansammlung weicher Beläge in der Zahnfleischtasche oder auf der Zahnoberfläche, die mit bloßem Auge gesehen werden kann	Mäßige Ansammlung von supra- und subgingivalem Zahnstein, oder nur subgingivaler Zahnstein
3	schwere Entzündung – deutliche Rötung und Hypertrophie, Tendenz zur spontanen Blutung, Ulzeration	große Menge weicher Beläge in der Zahnfleischtasche und bzw. oder auf der Zahnoberfläche	große Mengen supra- und subgingivalen Zahnsteins

Rauchen	Der Patient wurde zum täglichen Tabakkonsum befragt. Die Angabe erfolgte in Zigaretten pro Tag.																								
Parodontaler Screening Index (PSI) [Ainamo <i>et al.</i> , 1982; Müller, 2006]	<p>Die Erhebung der PSI - Werte erfolgte sextantenweise mithilfe einer WHO – Sonde Typ PCP11.5B (Hu-Friedy, Chicago, IL, USA) um die parodontale Situation des Patienten zu erfassen. Dabei wurden Taschensondierungstiefen (TST), Blutung auf Sondierung (BOP) und das Vorhandensein von Plaque, Zahnstein und überstehenden Restaurationsrändern nach folgendem Schema bewertet:</p> <table><tr><th>PSI</th><th>TST</th><th>BOP</th><th>Plaque, Zahnstein, Restaurationsränder</th></tr><tr><td>0</td><td>< 3,5 mm</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>1</td><td>< 3,5 mm</td><td>+</td><td>-</td></tr><tr><td>2</td><td>< 3,5 mm</td><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td>3</td><td>3,5 – 5,5 mm</td><td>-/+</td><td>-/+</td></tr><tr><td>4</td><td>> 5,5 mm</td><td>-/+</td><td>-/+</td></tr></table>	PSI	TST	BOP	Plaque, Zahnstein, Restaurationsränder	0	< 3,5 mm	-	-	1	< 3,5 mm	+	-	2	< 3,5 mm	+	+	3	3,5 – 5,5 mm	-/+	-/+	4	> 5,5 mm	-/+	-/+
PSI	TST	BOP	Plaque, Zahnstein, Restaurationsränder																						
0	< 3,5 mm	-	-																						
1	< 3,5 mm	+	-																						
2	< 3,5 mm	+	+																						
3	3,5 – 5,5 mm	-/+	-/+																						
4	> 5,5 mm	-/+	-/+																						
Approximalkontakt	Das Transplantat wurde visuell mit dem Mundspiegel und mit Hilfe von Zahnseide auf die Stärke seiner Approximalkontakte hin überprüft. Es erfolgte eine einfache Unterteilung in Transplantate mit und Transplantate ohne Approximalkontakt.																								
Okklusion [Kloß, 2000]	Mittels Okklusionsfolie der Stärke 30 µm wurde das Transplantat auf statische Okklusionskontakte untersucht. Die Okklusion wurde in vorhanden und fehlend unterteilt.																								
Perkussion [Bauss <i>et al.</i> , 2008a]	Die Prüfung der Perkussionsempfindlichkeit wurde mithilfe des Spiegelgriffes eines zahnärztlichen Mundspiegels vorgenommen. Die Perkussion wurde in positiv (schmerzhaft) oder negativ (nicht schmerzhaft) unterteilt.																								
Horizontale Position [Becker <i>et al.</i> ,1983]	<p>Die horizontale Position des transplantierten Zahnes wurde bezüglich der Positionierung des Transplantats gegenüber seinen Nachbarzähnen beurteilt:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Ideale Anordnung,2. Rotationen von einem oder mehreren Zähnen in der unmittelbaren Umgebung,3. Eine oder mehrere Lücken.																								

<p>Sensibilität</p> <p>[Brännström, 1986; Trowbridge <i>et al.</i>, 1980]</p>	<p>Die Sensibilität wurde durch Kältetest mittels Schaumstoffpellet geprüft.</p> <p>Der Kältetest verursacht eine Kontraktion der intratubulären Flüssigkeit des Dentins, was zu einem schnellen Auswärtsfluss der Flüssigkeit innerhalb der offenen Dentin-Tubuli führt. Dieser schnelle Flüssigkeitsstrom führt zu einer hydrodynamischen Kraft, die auf die Aδ-Nervfasern im Pulpa-Dentin-Komplex wirkt und ein ziehendes Gefühl verursacht, welches für die Dauer des Tests anhält.</p>
<p>Karies</p>	<p>Es wurde klinisch ermittelt, ob der transplantierte Zahn zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung kariöse Läsionen aufwies.</p>

8.1.3 Röntgenologische Erfolgsparameter

<p>Periapikaler Status</p> <p>[Waikakul, 2002]</p>	<p>Beurteilung von Knochenheilung und Parodontalspalt.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Heilung des Alveolarknochens stellt sich als vollständiges spongiöses Trabekelwerk mit Lamina dura und definiertem Parodontalspalt dar. 2. Heilung des Alveolarknochens stellt sich als vollständiges spongiöses Trabekelwerk ohne Lamina dura dar. 3. Unvollständige Heilung des Alveolarknochens stellt sich durch einen radiotransluzenten Bereich dar, der die physiologische Breite des Parodontalspalt deutlich überschreitet.
<p>Wurzelresorption</p> <p>[Andreasen und Hjorting-Hansen, 1966b; Andreasen und Hjorting-Hansen, 1970]</p>	<p>Die verschiedenen Arten der Wurzelresorption wurden folgendermaßen definiert:</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. Keine 1. Oberflächenresorption: Kleine Resorptionslakunen auf der Wurzeloberfläche neben einem normalen oder leicht erweiterten Parodontalspalt. 2. Entzündliche Resorption: Periradikuläre Radiotransluzenzen, die zusammen mit Resorptionen der Wurzel auftreten 3. Ersatzresorption: Fehlende Darstellung des Parodontalspalt und Wurzelresorption ohne Radiotransluzenzen im Bereich resorbierter Wurzelteile

8.1.4 Röntgenologische Einflussparameter

<p>Wurzellänge und Wurzellängenzuwachs</p> <p>[Bauss <i>et al.</i>, 2008a; Paschos <i>et al.</i>, 2005; Linge und Linge, 1991]</p>	<p>Als Wurzellänge des Transplantates wurde der Abstand der Mittelpunkte zweier Linien definiert, wobei eine der beiden Linien die mesiale und distale Schmelz-Zement-Grenzen miteinander verbindet und die zweite die zwei apikalsten Punkte der Wurzel.</p> <p>Wurzellängenänderungen (R) ergeben sich aus der Subtraktion des Produktes von Vergrößerungsfaktor (Kronenlänge1/Kronenlänge2) und Wurzellänge nach Behandlungsende (Wurzellänge2) von der Wurzellänge vor Behandlungsbeginn (Wurzellänge1): $R = \text{Wurzellänge1} - \text{Wurzellänge2} \cdot (\text{Kronenlänge1} / \text{Kronenlänge2})$.</p>
<p>Knochenlevel am Transplantat</p> <p>[Ahlberg, 1983].</p>	<p>Die Höhe des Alveolarknochens wurde mesial und distal in Millimetern gemessen und in Prozent der Wurzellänge von der Schmelz-Zement-Grenze zum Apex angegeben. Sollte der marginale Knochen schwer aufzufinden sein, wurde der inferiorste Punkt des Septums innerhalb eines Millimeters von der Wurzeloberfläche als Meßpunkt gewählt.</p>
<p>Zahnalter</p> <p>[Gat, 1984]</p>	<p>Zur Beurteilung des Entwicklungsstadiums eines Transplantats zum Operations- und zum Nachuntersuchungszeitpunkt wurde folgendes 6 – stufiges Schema verwendet:</p> <ol style="list-style-type: none"> 0. Keine Zeichen einer Zahnentwicklung oder Vorhandensein eines Follikels ohne Kalzifizierungszeichen; 1. Von beginnender Kalzifizierung im Follikel bis hin zur halb entwickelten Krone; 2. Von einer halb- bis zu einer vollentwickelten Krone. Keine Anzeichen einer Wurzelentwicklung; 3. Von beginnender Wurzelentwicklung bis hin zur halben Wurzellänge; 4. Von einer halb- bis zu einer vollentwickelten Wurzel, wobei das Foramen apicale noch geöffnet ist; 5. Vollentwickelter Zahn mit geschlossenem Foramen apicale.
<p>Pulpale Obliteration</p> <p>[Bauss <i>et al.</i>, 2008b]</p>	<p>Ob sich eine Obliteration der Pulpa nach der Transplantation eines Zahnes entwickelt hatte, wurde durch den Abgleich von prä- und postoperativ angefertigten Röntgenbildern festgestellt. Es erfolgte eine Einteilung in folgende Grade:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Totale Obliteration: Pulpenkavum und Wurzelkanal sind kaum oder nicht erkennbar; 2. Teilobliteration: Pulpenkavum nicht erkennbar und Wurzelkanal deutlich verengt aber klar erkennbar; 3. Keine Obliteration.
<p>Karies</p>	<p>Es wurde radiologisch ermittelt, ob das Transplantat zum Nachuntersuchungszeitpunkt kariöse Läsionen aufwies.</p>

8.2 Patienteninformation und Einverständniserklärung

8.2.1 Patienteninformation für erwachsene Studienteilnehmer

Klinikum der Universität München
Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
Innenstadt
Direktor: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

_____ **LMU**
Ludwig _____
Maximilians –
Universität _____
München _____

Klinikum der Universität München • Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
Goethestraße 70 • D-80336 München

PD Dr. K.C. Huth

Prof. Dr. Dr. D. Nolte

Studientitel:

Autogene Zahntransplantation als Einzelzahnersatz - Eine retrospektive Studie zur klinischen und röntgenologischen Erfolgsrate

Patienteninformation und Einverständniserklärung

Liebe Patientin, lieber Patient!

Nachdem bei Ihnen eine autogene Zahntransplantation durchgeführt wurde, soll nun im Rahmen einer Nachuntersuchung der Zustand ihres transplantierten Zahnes geprüft werden.

Die autogene Zahntransplantation ist eine erfolgversprechende Methode zum Einzelzahnersatz, wobei jedoch relativ wenig gesicherte Zahlen zur Erfolgsquote vorliegen.

Das Ziel dieser Untersuchung besteht darin, auf der Basis der bei Ihnen untersuchten Parameter die Erfolgsquote einer solchen Behandlung zu ermitteln.

Im Rahmen der Nachuntersuchung werden auch Röntgenaufnahmen von Ihrem Zahn angefertigt. Diese dienen der Kontrolle, ob sich das Transplantat problemfrei in Ihrem Kiefer befindet. Es werden keine zusätzlichen Röntgenbilder im Hinblick auf die wissenschaftliche Erhebung der Erfolgsquote angefertigt.

Alle angewandten Diagnose- und Behandlungsverfahren sind als Standardverfahren der alltäglichen klinischen Routinebehandlung einzustufen, es entsteht Ihnen also kein erhöhtes Gesundheitsrisiko.

Der Vorteil der wissenschaftlichen Untersuchung liegt darin, gesicherte Daten zur Erfolgsrate dieser kostengünstigen und ohne Fremdmaterial auskommenden Behandlung zu erhalten,

beispielsweise alternativ zum Setzen eines teureren Implantats. Dieses Wissen wird Ihnen und zukünftigen Patienten sowie der medizinischen Wissenschaft zugute kommen.

Wie für Sie gewohnt, wird diese zahnärztliche Untersuchung jährlich über einen Zeitraum von zwei Jahren durchgeführt und teilt sich jeweils auf in eine rein klinische Untersuchung Ihres Zahnstatus und in die Aufnahme eines oder falls nötig zweier Röntgenaufnahmen.

Bei Frauen im gebärfähigem Alter müssen wir mit Sicherheit wissen, ob Sie schwanger sind oder nicht, da wie bei allen anderen zahnärztlichen Standarduntersuchungen selbstverständlich keine Röntgenbilder angefertigt werden dürfen. Daher bitten wir Sie, uns unverzüglich über den Eintritt einer Schwangerschaft zu informieren.

Nur für Frauen: Es besteht eine Schwangerschaft

ja ☐

nein ☐

Bei dieser Studie werden die Vorschriften über die ärztliche Schweigepflicht und den Datenschutz eingehalten. Es werden persönliche Daten und Befunde über Sie erhoben, gespeichert und nur verschlüsselt weitergegeben (d.h. weder Ihr Name noch Ihre Initialen oder das exakte Geburtsdatum erscheinen im Verschlüsselungscode). Bei dem Verschlüsselungscode handelt es sich um eine chronologische Nummerierung jedes Patienten entsprechend des Tages an dem die Transplantation in der Praxis erfolgte. Eine Entschlüsselung erfolgt nur dann, wenn sich aus der Nachuntersuchung der Befunde ein Behandlungsbedarf ergeben sollte. Im Falle von Veröffentlichungen der Studienergebnisse bleibt die Vertraulichkeit der persönlichen Daten ebenfalls gewährleistet. Der Zugang zu den Originaldaten und zum Verschlüsselungscode ist auf die folgenden Personen beschränkt: OÄ PD Dr. K.C. Huth, Prof. Dr. Dr. D. Nolte, Dr. Dr. Linsenmann, M. Nazet und J. Kreutzer, Prof. Dr. R. Hickel sowie der Statistiker Dr. A. Crispin. Diese Personen unterliegen der Schweigepflicht und sind zur Beachtung des Datenschutzes verpflichtet. Im Falle Ihres Widerrufs der Einwilligung werden die verschlüsselten Daten in irreversibel anonymisierter Form weiter verwendet.

Ich wurde vollständig über die Bedeutung und Tragweite der klinischen Untersuchung aufgeklärt. Ich habe den Aufklärungstext gelesen und verstanden. Ich hatte die Möglichkeit, Fragen zu stellen, und habe die Antworten verstanden und akzeptiere sie.

Ich weiß, dass die Teilnahme an dieser klinischen Nachuntersuchung freiwillig ist und dass ich jederzeit ohne Angabe von Gründen diese Zustimmung widerrufen kann, ohne dass sich dieser Entschluss nachteilig auf die spätere Behandlung durch meinen Arzt auswirken wird.

Ich bin mit der Erhebung und Verwendung persönlicher Daten und Befunddaten nach Maßgabe der Patienteninformation einverstanden.

München, den

Aufklärender Arzt:.....

.....

Patient (volljährig)

8.2.2 Patienteninformation für minderjährige Studienteilnehmer

Klinikum der Universität München
Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
Innenstadt
Direktor: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

_____ **LMU**
Ludwig _____
Maximilians _____
Universität _____
München _____

Klinikum der Universität München • Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
Goethestraße 70 • D-80336 München

PD Dr. K.C. Huth

Prof. Dr. Dr. D. Nolte

Studientitel:

Autogene Zahntransplantation als Einzelzahnersatz - Eine retrospektive Studie zur klinischen und röntgenologischen Erfolgsrate

Patienteninformation und Einverständniserklärung

Liebe Patientin, lieber Patient!

Bei Dir wurde ein Zahn von einer Stelle im Mund an eine andere umgesetzt (= autogene Zahntransplantation). Dies ist entweder geschehen um vielleicht einen kaputten oder nicht vorhandenen Zahn zu ersetzen, oder um einen Deiner gesunden Zähne an die richtige Stelle im Mund zu stellen weil er vorher völlig falsch stand und der Kieferorthopäde nichts ausrichten konnte.

Diese Umstellung des Zahnes ist eine gute Möglichkeit im Vergleich zu anderen, teureren oder für Dich unbequemerem Verfahren (wie zum Beispiel einer Kunststoffprothese wenn Dir Zähne fehlen oder einer künstlichen Zahnwurzel (= Implantat), die wesentlich teurer ist und auch frühestens in Frage kommt wenn Du sechzehn geworden bist).

Eben weil diese Zahnumstellung in bestimmten Situationen eine sehr gute Behandlungsmöglichkeit ist, möchten wir mehr darüber herausfinden. Im Rahmen Deiner Nachuntersuchung wollen wir deshalb ein paar Dinge mehr untersuchen als es bei einer gewöhnlichen Nachuntersuchung der Fall wäre. Deshalb müsstest Du auch ein bisschen Zeit für uns mitbringen. Alle Sachen die wir bei Dir untersuchen, werden nicht weh tun oder Dir in sonst irgendeiner Weise Schaden zufügen. Wir probieren an Dir auch nichts aus, alle Untersuchungsmethoden sind Standardverfahren der Zahnmedizin.

Bei dieser Studie werden die Vorschriften über die ärztliche Schweigepflicht und den Datenschutz eingehalten. Es werden persönliche Daten und Befunde über Dich

erhoben, gespeichert und nur verschlüsselt weitergegeben (d.h. weder Dein Name noch Deine Initialen oder das exakte Geburtsdatum erscheinen im Verschlüsselungscode). Bei dem Verschlüsselungscode handelt es sich um eine Durchnummerierung aller Patienten entsprechend des Tages an dem die Transplantation in der Praxis erfolgte. Eine Entschlüsselung erfolgt nur dann, wenn sich aus der Nachuntersuchung ein Behandlungsbedarf ergeben sollte.

Im Falle von Veröffentlichungen der Studienergebnisse bleibt die Vertraulichkeit der persönlichen Daten ebenfalls gewährleistet.

Deine Teilnahme ist freiwillig und kann jederzeit ohne Angabe von Gründen widerrufen werden ohne dass Dir hieraus Nachteile entstehen.

Wenn Du alles verstanden hast und auch sonst keine Fragen mehr hast, dann unterschreibe bitte unten bei **Patient (nicht volljährig)**. Natürlich kannst Du uns auch später noch jederzeit Fragen stellen.

Für die Eltern bzw. den/die Erziehungsberechtigte(n): Bei allen Minderjährigen ist deren Zustimmung sowie grundsätzlich die beider Elternteile bzw. des Erziehungsberechtigten erforderlich.

Ich bin mit der Erhebung und Verwendung persönlicher Daten und Befunddaten nach Maßgabe der Patienteninformation einverstanden.

München, den

Aufklärender Arzt:.....

.....

.....

.....

Patient (volljährig)

Vater/Mutter des Patienten

Patient (nicht volljährig)

8.3 Klinischer Untersuchungsbogen

01 Befund:

Lockerung																	
Klopfempfindlichkeit																	
Vitalitätsprüfung																	
Zahnersatz																	
Befund																	
Datum:	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28	
	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	
	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38	
Befund																	
Zahnersatz																	
Vitalitätsprüfung																	
Klopfempfindlichkeit																	
Lockerung																	

Lockerungsgrad des TX:

Lockerungsgrad: ☐ 0 ☐ I ☐ II ☐ III

Taschensondierungstiefe:

Vestibulär mesial:____ medial:____ distal:____

Oral mesial:____ medial:____ distal:____

BOP: ☐ ja ☐ nein

Mundhygiene:

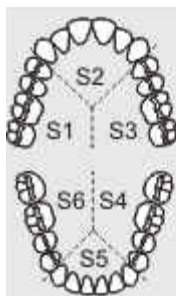
Gingiva- (G) / Plaque- (P) / Zahnstein- (Z) Indizes:

Zahn	vestibulär			oral			mesial			distal		
	G	P	Z	G	P	Z	G	P	Z	G	P	Z
16												
12												
24												
36												
32												
44												
TX												

Raucher:

☐ nein ☐ ja: _____ Zigaretten/Tag

Parodontaler Screening Index (PSI):



Datum:

Kindergarten S1/16		Kindergarten S2/11		Kindergarten S3/26	
Kindergarten S6/46		Kindergarten S5/31		Kindergarten S4/36	

Horizontale Position des TX:

Position: ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3

Karies:

☐ nein ☐ ja

Okklusion:

Statisch: ☐ ja ☐ nein

Perkussion:

☐ positiv ☐ negativ

Sensibilität:

Kältespray TX:_____ Agonist/Adjacent:_____

Approximalkontakt:

☐ mesial ja ☐ mesial nein

☐ distal ja ☐ distal nein

8.4 Röntgenologischer Untersuchungsbogen

Knochenheilung:

- ☐ complete periodontal trabeculation with lamina dura and a defined periodontal ligament space
- ☐ complete periodontal trabeculation without lamina dura
- ☐ incomplete alveolar bone healing presented by rarefied area larger than periodontal ligament space surrounding the transplanted tooth.

Wurzelresorption:

- ☐ none
- ☐ Surface resorption
(small resorption cavities on the root surface adjacent to a normal or slightly extended periodontal space)
- ☐ Inflammatory resorption
(Periradicular radiolucency in relation to areas with resorption of the root substance)
- ☐ Replacement resorption
(Disappearance of the periodontal space and root resorption without radiolucency in relation to the resorption area)

Wurzellänge + Wurzellängenzuwachs:

(distance between the midpoints of 2 lines connecting both cemento-enamel junctions and the two most apical points of the roots)

Messung **1. Bild (PostOp)** : _____ mm Datum: _____
2. Bild (Nachuntersuchung) : _____ mm Datum: _____

Differenz: _____mm

Länge der klinischen Krone 1. Bild : _____

Länge der klinischen Krone 2. Bild : _____

Knochenlevel

1. **Bild (PostOp):** KnochenhöheTX mesial _____mm + distal _____mm = _____mm / 2 = _____mm (= Mittlere Knochenhöhe)

Mittlere Knochenhöhe _____mm/Wurzellänge _____mm= _____
(x100)= _____ % der Wurzel sind knöchern verankert.

2. Bild(Nachuntersuchung): KnochenhöheTX mesial ____mm + distal ____mm = ____mm /2 = ____mm (= Mittlere Knochenhöhe)

Mittlere Knochenhöhe _____mm/Wurzellänge _____mm= _____
(x100)= _____ % der Wurzel sind knöchern verankert.

Wurzelkanalbehandlung:

☐ ja ☐ nein

Zahnalter nach Gat:

Post-op	Nachuntersuchung	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stadium 0
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stadium 1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stadium 2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stadium 3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stadium 4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stadium 5

Karies:

☐ nein

☐ ja

Pulpa Obliteration:

Post-op

jetzt

☐

☐

keine Obliteration

☐

☐

partielle Obliteration

(pulp chamber not discernible and root canal markedly narrowed but clearly visible)

☐

☐

totale Obliteration

(pulp chamber and root canal hardly or not discernible)

8.5 Fragebogen zur Patientenzufriedenheit

Bitte bewerten Sie mit einer Schulnote von 1 (sehr gut) bis 6 (schlecht):

Wie sind ihre Erwartungen bezüglich des Operationsergebnisses erfüllt worden?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6

Wie schätzen Sie persönlich den Erfolg der Operation ein?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6

Wie zufrieden sind Sie mit dem ästhetischen Ergebnis?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6

Wie empfanden Sie die Beschwerden direkt nach der Operation?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6
(keine)					(unerträglich)

Wie empfinden Sie die Beschwerden zum aktuellen Zeitpunkt?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6
(keine)					(unerträglich)

Bitte wenden ! →

Bitte beantworten Sie folgende Fragen:

Wie lange, erwarten Sie, wird die Überlebenszeit des transplantierten Zahnes im Mund sein?

Wie sind Sie auf die Möglichkeit der Zahntransplantation aufmerksam geworden?

Würden Sie sich der autogenen Zahntransplantation gegebenenfalls noch einmal unterziehen?

☐
ja

☐
nein

Würden Sie die autogene Zahntransplantation weiterempfehlen?

☐
ja

☐
nein

Platz für Bemerkungen:

8.6 Eidesstattliche Versicherung

Eidesstattliche Versicherung

Kreutzer, Johannes Volker

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

Autogene Zahntransplantation als Einzelzahnersatz – Eine retrospektive Studie zur klinischen und röntgenologischen Erfolgsrate

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Ort, Datum Unterschrift

Doktorandin/Doktorand

9	Abbildungsverzeichnis	Seite
Abbildung 1:	OPG, radiologische Ausgangssituation, Lücke regio 14.....	20
Abbildung 2:	Klinischer Ausgangsbefund, Lücke regio 14	20
Abbildung 3:	Marginale Schnittführung	21
Abbildung 4:	Mukoperiostlappen	21
Abbildung 5:	Lagerbildung	22
Abbildung 6:	Entnahme des Transplantates regio 35.....	22
Abbildung 7:	Einstellung des Transplantates in Okklusion.....	23
Abbildung 8:	Schienung	23
Abbildung 9:	Wundverschluss	24
Abbildung 10:	Postoperativer Situs nach 12 Monaten.....	24
Abbildung 11:	Schema zur Erhebung des PSI	33
Abbildung 12:	Messpunkte und –linien zur Erhebung der Wurzellänge	38
Abbildung 13:	Messpunkte und –linien zur Erhebung des Knochenlevels	39
Abbildung 14:	Zahnalter nach GAT [Gat <i>et al.</i> , 1984].....	40
Abbildung 15:	Balkendiagramm zum Beobachtungszeitraum postoperativ. Die Zahlen oberhalb der Balken geben die exakte Patientenzahl wider.	45
Abbildung 16:	Ursachen für die Zahntransplantation. Die Zahlen innerhalb der Segmente geben die Anzahl der betroffenen Zähne wider (n = 72 Zähne, N = 57 Patienten).	46
Abbildung 17:	OPG eines 17-jährigen Patienten, Ursache für die Zahntransplantation ist der nicht erhaltungswürdige, tief kariös zerstörter Zahn 47.	46
Abbildung 18:	OPG eines 36-jährigen Patienten, Ursache für die Zahntransplantation ist eine Parodontitis apicalis am nicht erhaltungswürdigen, bereits wurzelgefüllten Zahn 46. Transplantiert wurde der verbliebene Weisheitszahn 48.	47

Abbildung 19:	OPG einer 27-jährigen Patientin, Ursache für die Zahntransplantation ist eine unversorgte Einzelzahn­lücke regio 16. Die Lücke erscheint bereits verengt, allerdings bieten sich die beiden oberen Weisheits­zähne durch ihre schlanke Form als Spender an. Trans­plantiert wurde schließlich Zahn 18.....	47
Abbildung 20:	OPG einer 21-jährigen Patientin, Ursache für die Zahntransplantation ist die Nichtanlage des Zahnes 14. Der Fall wurde weiter oben bereits besprochen (siehe 1.5.3).....	48
Abbildung 21:	OPG einer 13-jährigen Patientin, Ursache für die Zahntransplantation ist der traumatisch verloren gegangene Zahn 21. Als Spender wurde der Zahn 45 gewählt, der später durch ein Implantat ersetzt wurde.	48
Abbildung 22:	OPG einer 21-jährigen Patientin, apikale Parodontitis am Zahn 36. Zustand nach erfolgloser endodontischer Therapie.	52
Abbildung 23:	Postoperativer Zustand nach Transplantation des wurzelunreifen Zahnes 48 in regio 36. Das apikale entzündliche Gewebe wurde großzügig entfernt.	52
Abbildung 24:	Zustand 2 Jahre postoperativ. Die mesiale Wurzel des Transplantates regio 36 zeigt ein deutliches Längenwachstum und der mesiale Wurzelkanal ist obliteriert. Auch das Pulpenkavum zeigt Obliterationsvorgänge. Der knöcherne Defekt apikal ist erkennbar abgeheilt.	53
Abbildung 25:	Verteilung von Erfolg und Misserfolg bei offenem und geschlossenem Apex zum Transplantationszeitpunkt.....	56
Abbildung 26:	Verteilung von Überleben und Verlust bei offenem und geschlossenem Apex zum Transplantationszeitpunkt.....	57
Abbildung 27:	Verteilung von Erfolg und Misserfolg in Abhängigkeit von der Entnahmeregion.....	58
Abbildung 28:	Verteilung von Erfolg und Misserfolg für den Bereich des 1. Molaren als Empfängerregion.	59

Abbildung 29: Verteilung von Erfolg und Misserfolg für den Bereich des 2. Molaren als Empfängerregion.	59
Abbildung 30: Verteilung der aufgetretenen Resorptionsarten. Die Zahlen innerhalb der Balken geben die Anzahl der betroffenen Zähne wieder.....	61
Abbildung 31: Ersatzresorption am Transplantat regio 47.	62
Abbildung 32: Entzündliche Resorption am Transplantat regio 26.....	62
Abbildung 33: Postoperativer Befund nach Transplantation des Zahnes 38 in regio 46.	63
Abbildung 34: Bereits 4 Monate nach der Transplantation wurde die Wurzel des Transplantates zu weiten Teilen entzündlich resorbiert.....	63
Abbildung 35: Akuter Therapiebedarf bei Zähnen mit geschlossenem Apex.	65
Abbildung 36: Zufriedenheit der Patienten mit der Zahntransplantation. Die Zahlen in den Säulen geben die durchschnittliche Benotung an.	66
Abbildung 37: Verteilung von Erfolg und Misserfolg bezüglich der einzelnen Indikationen, die zur Zahntransplantation führten. Die Zahlen innerhalb der Balken stellen die Anzahl der Zähne dar, die als Erfolg oder Misserfolg gewertet wurden (n = 72 Zähne, N = 57 Patienten).....	69
Abbildung 38: Verteilung von Überleben und Verlust bezüglich der einzelnen Indikationen die zur Zahntransplantation führten. Die Zahlen innerhalb der Balken geben die jeweilige Anzahl der Zähne bei Verlust und Überleben an (n = 72 Zähne, N = 57 Patienten).	70

10	Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1:	Aktuelle Literatur zum Thema Zahntransplantation	15
Tabelle 2:	Kriterien zur Festlegung des Gingiva-, Plaque- und Zahnsteinindex...	32
Tabelle 3:	Kriterien zur Festlegung des PSI-Wertes	33
Tabelle 4:	Verlust- und Misserfolgsanalyse (n = 72 Zähne, N = 57 Patienten).....	51
Tabelle 5:	Erfolgsraten der Weisheitszähne in ihrer Funktion als Spender.	58
Tabelle 6:	Erfolgsraten für den Bereich des 1. Molaren als Empfängerregion	60
Tabelle 7:	Erfolgsraten für den Bereich des 2. Molaren als Empfängerregion	60
Tabelle 8:	Übersicht zum endodontischen Therapiebedarf von Transplantaten mit offenem Apex.....	64

11 Danksagungen

Herrn Professor Dr. Dr. Dirk Nolte danke ich für die Bereitstellung des Themas und die engagierte Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit. Obwohl die Führung seiner Praxis für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie hohe Arbeitsbelastungen mit sich bringt, fanden schriftliche Anfragen sofortige Beantwortung und auch das persönliche Gespräch wurde stets selbstverständlich ermöglicht. Bei der Ausführung der Nachuntersuchungen wurden Räumlichkeiten und Gerätschaften vertrauensvoll zur Verfügung gestellt.

Bei Frau Professor Dr. Karin Huth bedanke ich mich für das außerordentliche Engagement bei der Anleitung zur Erstellung dieser Arbeit. Trotz ihrer klinischen und wissenschaftlichen Tätigkeit an der Zahnklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München und einem engen zeitlichen Budget wurden jederzeit Besprechungstermine ermöglicht. Durch ihren Erfahrungsschatz, ihre Ideen und Anregungen wurde die Niederschrift dieser Arbeit zum größten Teil erst ermöglicht.

Auch den Mitarbeitern der Praxisklinik für Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie möchte ich an dieser Stelle danken. Ob es um die Bereitstellung von Arbeitsmaterialien oder um die Bearbeitung von Anfragen ging, stets wurde freundlich und schnell gehandelt.